

# НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет конструювання та дизайну

НУБІП України **ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**  
Завідувач кафедри  
надійності техніки  
(назва кафедри)

Новицький А.В.  
(підпис) (ПІБ)  
«\_\_» \_\_ 20\_\_ р.

НУБІП України **МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему «**Підвищення надійності жаток для збирання сорго  
конструкторсько-технологічними методами**»

НУБІП України **Спеціальність 133 - «Галузеве машинобудування»**  
(код і назва)

**Магістерська програма «Технічний сервіс машин та обладнання  
сільськогосподарського виробництва»**  
(назва)

НУБІП України **Програма підготовки освітньо-професійна**  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)  
**Гарант освітньої програми**  
К.Т.Н., доцент Новицький А.В.  
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

НУБІП України **Керівник магістерської роботи**  
К.Т.Н., доцент Новицький А.В.  
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)  
**Виконав** Рубанка А.В.  
(підпис) (ПІБ студента)

НУБІП України **КИЇВ – 2021**



# НУБІП України

4. Дослідження модернізованого ріжучого апарата жатки для збирання сорго

5. Дослідження показників ремонтпридатності жатки.

Техніко-економічне обґрунтування магістерської кваліфікаційної роботи.

# НУБІП України

Дата видачі завдання - 06.09.2020 р.

Керівники магістерської роботи

Новицький А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Рубанка А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали студента)

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

ЗМІСТ

## РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Аналіз виробництва сорго

1.2. Аналіз конструкцій засобів для збирання сорго

1.3. Аналіз науково-дослідницьких робіт з оцінки рівня надійності сучасних машин для збирання сільськогосподарських культур

1.4. Ріжучі апарати машин для прибирання сільськогосподарських культур

1.3. Деякі контролюючі системи, що використовуються в збиральних машинах

Задачі дослідження

## РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ РЕМОНТОПРИДАТНОСТІ РІЖУЧОГО АПАРАТА ЖАТКИ ДЛЯ ЗБИРАННЯ СОРГО

2.1 Аналіз роботоздатності комбайна для збирання сорго

2.2 Аналіз властивостей і показників ремонтпридатності об'єкта досліджень

2.3. Модернізація ріжучого апарата жатки

2.4 Теоретичні передумови оцінки кінематичних показників ріжучого апарата і показників зрізу рослин

2.5 Розробка номограми вибору лінійної швидкості переміщення сегментів жатки для прибирання сорго від числа відмов

2.5 Параметри системи контролю відмов

1.4. Висновки по розділу

## РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Методика визначення роботоздатності системи контролю ріжучого апарата

# НУБІП України

3.2 Визначення часу відновлення і трудомісткості ремонту ріжучих апаратів

3.3 Методика проведення виробничих випробувань

# НУБІП України

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ МОДЕРНІЗОВАНОГО РІЖУЧОГО АПАРАТА ЖАТКИ ДЛЯ ЗБИРАННЯ СОРГО

4.1 Особливості модернізації ріжучого апарата жатки

4.2 Результати досліджень показників ремонтпридатності модернізованого ріжучого апарата жатки

# НУБІП України

4.2.1 Результати досліджень показників контроленридатності ріжучих апаратів

4.2.2 Результати досліджень затрат часу і трудомісткості відновлення досліджуємих ріжучих апаратів

# НУБІП України

РОЗДІЛ 5. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОГО РІЖУЧОГО АПАРАТА

5.1 Економічна ефективність використання ріжучого апарата модернізованої конструкції

5.2 Розрахунок вартості додаткової продукції

5.3 Розрахунок питомих капіталовкладень

# НУБІП України

5.4 Визначення ефективності капіталовкладень

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТКИ

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

## ВСТУП

Застосовуємі на прибиранні сорго зерноприбиральні комбайни обладнані жатками з сегментно-пальцевим ріжучим апаратом. Під час роботи таких ріжучих апаратів виникає велика кількість відмов, що тягне до простою прибиральних машин на відновлення їх роботоздатного стану і істотним втратам врожаю в вигляді незкошених рослин. Тому вирішення проблеми підвищення ремонтпридатності ріжучого апарата для збирання сорго і якості його роботи є актуальним в даний час.

**Мета роботи** - підвищення ремонтпридатності ріжучого апарата жатки для прибирання сорго за рахунок використання системи контролю відмов і зміни конструктивних і технологічних параметрів.

**Задачі дослідження:**

1. Дати аналіз надійності сучасних машин для збирання сільськогосподарських культур і конструкцій їх ріжучих апаратів.
2. Теоретично обґрунтувати процес різання стебел сорго ріжучим апаратом з ножовим контуром при відмовах сегментів.
3. Розробити номограму вибору лінійної швидкості переміщення сегментів жатки для збирання сорго від числа відмов сегментів.
4. Модернізувати ріжучий апарат жатки з ножовим контуром.
5. Провести експериментальні дослідження модернізованого ріжучого апарата жатки.
6. Виконати розрахунок економічної ефективності використання модернізованого ріжучого апарата жатки.

**Об'єкт досліджень** – технологічні процеси роботи ріжучого апарата на прибиранні сорго.

**Предмет досліджень** – закономірності, залежності, параметри роботи ріжучого апарата жатки при різній кількості відмов сегментів.

**Методологія і методи дослідження.**

# НУБІП України

Дослідження проводились з дослідженням системного підходу, математичного моделювання і аналізу параметрів технологічних процесів

зрізу рослин мітелкових культур в лабораторних і польових умовах в

відповідності з вимогами міждержавних стандартів і приватних методів.

# НУБІП України

Математична обробка результатів експериментів, виконана за допомогою стандартних і оригінальних комп'ютерних програм, підтвердила розроблені теоретичні передпосилання.

Розробці нових, а також удосконаленню конструкцій відомих ріжучих

# НУБІП України

апаратів і їх елементів, з точки зору підвищення надійності, присвячені роботи

Ерохіна Г.Н. [45], Макаренко Д.И. [75], Лебедева А.Т. [69], Коломейченко А.В.

[56], Кузнецова И.С. [63], Хайбулліна Р.Р. [130], Труфляк Е.В. [125] і інших

науковців. Дослідженню надійності ріжучих апаратів прибиральних машин

присвячені роботи Адигамова Н.Р. [2], Босого Е.С. [14], Викторова В.Н. [20],

# НУБІП України

Дроздова Н.И. [43], Карпенко А.Н. [53], Крупина А.Е. [62], Резніка Н.Е. [104] і

інших науковців.

Вагомий вклад в розробку принципіально нових конструкцій ріжучих

апаратів внесли Бурьянов А.И. [15], Ловчиков А.П. [74], Машков С.В. [76], Мінін

П.С. [78], Трубілін Е.И. [124], Труфляк Е.В. [125] і інші конструктори і науковці.

# НУБІП України

Були розроблені і введені в виробництво конструкції ріжучих апаратів з

ножовим контуром, які дозволяють розширити можливості використання

ріжучих апаратів при збиранні сільськогосподарських культур.

Розробці контролюючих систем в прибиральних машинах присвячені

роботи Зябірова И.М. [49], Рембаловича Г.К. [106], Ряднова А.И. [108],

Скворцова И.П. [119], Тронєва С.В. [120] и інших вчених.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

## РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1 Аналіз виробництва сорго

Сорго (*Sorghum*) – це рослина, що представляє рід однієї багаторічної рослини тонконогових (*Poaceae*). Вона охоплює до 50 дикоростучих і культурних видів, поширених переважно у тропічних і субтропічних країнах, з яких кілька видів культивуються людиною. Економічно найважливіший вид – звичайне або цукрове сорго (*Sorghum bicolor*), зерно якого використовують для споживання, на фураж та для переробки на мелясу, крохмаль (74%) [1] і спирт. Ця рослина широко вирощується в Азії (в південно-західній частині), Африці (екваторіальна й південна), Південній і Північній Америці, Європі (на півдні континенту), Австралії.

За зовнішнім виглядом сорго нагадує кукурудзу. Коренева система потужна, проникає на глибину 2–2,5 м. Стебло прямостояче, заввишки від 0,5 (карликові форми) до 7 м (тропічні форми), сухе при дозріванні (у більшості сортів зернового і віничного сорго) або соковите (у цукрового сорго). Рослини зернового сорго розвивають в кілька стебел (рис. 1.1.).

Листова пластинка ланцетоподібна з гострими краями. Суцвіття — прямостояча, розлога, поникла або зігнута волоть завдовжки 10–70 см (інколи більше). Зерно звичайно овальної або яйцеподібної форми, півчасте або голе, білого, рожевого, червоного, жовтого забарвлення; маса 1000 зерен 5–32 г. Сорго відрізняється легкою пристосованістю до ґрунтових і кліматичних умов, теплолюбне, посухостійке, добре переносить підвищену концентрацію солей в ґрунті.

НУБІП України

НУБІП України



Рис. 1.1. Сорго.

Найбільш жаро- та посухостійка культура серед польових культур. Ареал вирощування сорго значно перевищує поширення кукурудзи. Не вимоглива до родючості ґрунту. Дає хороші врожаї на бідних та засолених ґрунтах. Висока пластичність та адаптивність сорго дають можливість отримувати достатньо високі та стабільні врожаї в регіонах з дефіцитом вологи (по пластичності сорго перевищує ячмінь в 2 рази). Завдяки потужній кореневій системі сорго здатне сформувати врожай, використовуючи запаси поживних речовин ґрунту. В порівнянні з кукурудзою, на одиницю врожаю використовує менше: азоту на 30-50%, фосфору - 1,5-2,5 рази.

Невисокі затрати на насіння завдяки малій нормі висіву, що в середньому становить 5 кг/га. Цвітіння за температури 40-45% сорго переносить без значних втрат. Пилок кукурудзи в таких умовах гине. При тривалій посусі здатне впадати в анабіоз.

Статистичний аналіз посівних площ та валового збору сорго в Україні за 2000 – 2019 роки представлені на рис. 1.2 та в таблиці 1.1.

## Виробництво сорго в Україні



Рис. 1.2 Статистичний аналіз посівних площ та валового збору сорго в Україні (2000 – 2019 рр.)

Таблиця 1.1

### Посівні площі та валовий збір зерна сорго в Україні

Роки	Площа, тис. га	Валовий збір, тис. т
2004	35,6	65,04
2005	20,1	53,85
2006	34,3	63,9
2007	51,9	78,16
2008	112,2	231,81
2009	19,6	41,7

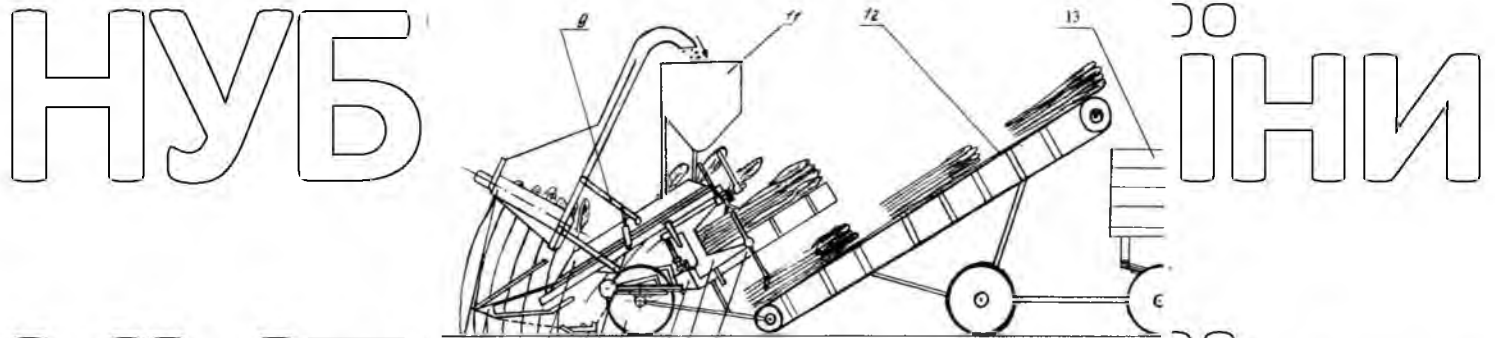
### 1.2. Аналіз конструкцій засобів для збирання сорго

Використовуємі переобладнані зерноприбиральні комбайни не відповідають вимогам для виконання операції. При прибиранні вінцевого і сахарного сорго необхідно зберегти і рослину, і зерно.

Звичайні комбайни не можуть справитись з цією задачею. Запропонована

# НУБІП України

авторами роботи конструкція комбайна для прибирання сорго вінцевого дозволяє проводити обмолот рослин на корню, сприяє збільшенню продуктивності без необхідності обмолоту на стаціонарі.



# НУБІП України

Рис. 1.3. Комбайн для збирання сорго вінцевого сорго: 1 - рама, 2 - дільник, 3 - секційний транспортер, 4 - ріжучий апарат, 5 - травовідділювач; 6 - в'язальний апарат, 7 - голчастий транспортер, 8 - ходова частина, 9 - паралелограмна гідравлічна навіска, 10 - прямоточна виносна молотильна камера, 11 - зерновий бункер, 12 - транспортер снопів, 13 - тракторний візок

# НУБІП України

Комбайн працює наступним чином. Комбайн рухається вздовж рядка рослин вінцевого сорго, які потрапляють в прямоточну виносну молотильну камеру (ПВМК), де здійснюється їх обмолот. Далі обмолочене зерно направляється в бункер по зернопроводу

# НУБІП України

Обмолочені рослини після виходу із ПВМК зрізаються ріжучим апаратом, захоплюються селекційним транспортером 3 і транспортуються на в'язальний апарат, на якому формуються снопи рослин і обв'язуються шпагатом. Снопи скидаються на транспортер 12, за допомогою гольчатого транспортера 7, після чого потрапляють в візок.

# НУБІП України

До недолугків даного комбайна можна віднести:

- неможливість прибирання зернового сорго, зв'язане з його низкорослістю, із-за якої в'язальний апарат не може виконати формування снопа;

# НУБІП України

- обв'язкова необхідність входу в складу енергетичного засобу вала

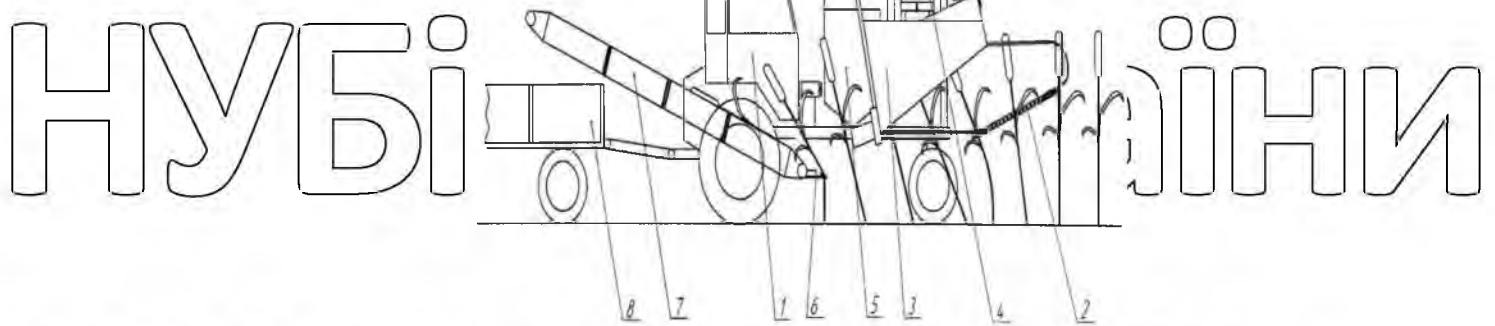
# НУБІП України

відбору потужністю, для приводу робочих органів;

- не повний обмолот рослин прямоочний виносний молотильною камерою при висоті рослин більше 2,5 м.

# НУБІП України

Авторами роботи запропонована конструкція комбайна для збирання технічних культур, яка сприяє підвищенню якості прибирання сорго віщезого, з огляду на зниження втрат зерна при обмолоті. Все це досягається шляхом використання конструкції, показаної на рисунку 3.



# НУБІП України

Рис. 1.4. Комбайн для прибирання технічних культур.

Нормалізатор виконаний в вигляді ланцюгово-планчатого транспортера, виконує захват, відхилення і перпендикулярну установку рослин до площини вальців прямоочної виносної молотильної камери, яка виконує обмолот (за допомогою використання робочого органу “Щільові бітери з транспортуючими пластинами”), збирає і транспортує зерно в бункер за допомогою двох лопатевих металників зерна. Завдяки гідравлічній навісці, є можливість встановлення установки ПВМК на необхідну висоту обмолоту, що сприяє розштрению можливостей прибирання рослин різної висоти. Зріз рослин, які вийшли із ПВМК, виконується жаткою, що має можливість регулювання висоти зрізу рослин.

# НУБІП України

Під дією сил інерції, рослини, скошені жаткою, потрапляють на транспортер з подальшим їх переміщенням на транспортний візок. Головним недостатком розробленої конструкції є низька продуктивність, зв'язана з обмеженою шириною захвату.

# НУБІП України

Рішенням даної проблеми став комбайн для прибирання сорго нової

# НУБІП України

конструкції розробленої на базі ПТ БОУ ВО ВолГ АУ, показаний на рисунку 4.

Підвищення продуктивності комбайна було досягнуто шляхом збільшення робочої ширини захвату і можливістю розстановки робочих органів, враховуючи

відстань між рядами приобрасмих культур.

# НУБІП України



Рис 1.5. Комбайн для прибирання сорго: 1 - нормалізатор, 2 - вальці, 3 - прямоточна виносна молотильна камера, 4 - зернозбірник, 5 - трубопровід, 6 - циклон, 7 - вентилятор, 8 - ємкість, 9 - заслінка, 10 - бункер, 11 - жатка, 12 - транспортер рослин, 13 - візок

Комбайн працює по наступному принципу. При прибиранні, рослина підхоплює нормалізатор 1 і відхиляє його, встановлюючи перпендикулярно до площини вальців 2 ПМВК 3, в якій проходить їх обмолот. Далі вже обмолочене зерно потрапляє в зернозбірник 4 і по трубопроводу 5, за допомогою дії вентилятора 7, поступає в циклон 6, де проходить відділення полови, пилюки і легких домішків, від зерна. Зерно під дією сили тяжіння падає із циклона 6 вниз в ємкість 8, перекриваєму заслінкою 9, в випадку відкриття якої зерно потрапляє

# НУБІП України

# НУБІП України

в бункер 10 комбайна. Повітря з відділеного від зерна пилюкою, легкими домішками і половиною потрапляє в вентилятор 7, очищається від пилюки за допомогою фільтра, встановленого на виході вентилятора, і викидається назовні.

# НУБІП України

Обмолочені рослини зрізаються жаткою 11 і вкладаються на транспортер рослин 12, який подає їх в прицепний тракторний візок 13. Гідравлічна навіска дозволяє встановлювати ПВМК на необхідну висоту обмолота, також є можливість регулювати висоту зрізу рослин. Дане конструктивне рішення дозволяє проводити прибирання врожаю сорго без пошкодження зерна і рослин, зі збереженням всіх необхідних якостей культури.

# НУБІП України

## 1.3. Аналіз науково-дослідницьких робіт з оцінки рівня надійності сучасних машин для збирання сільськогосподарських культур

Питаннями підвищення надійності прибиральних машин і деталей ріжучих апаратів займалися такі науковці, як Горячкін В. П., Адигамов Н. Ф., Алексенко Н. П., Босой С. С., Долгов І. А., Дроздов Н. Л., Срохін Г. Н., Жалнін Е. В., Лебедев А. Т., Лисунов С. А., Карпенко А. Н., Курочкін В. Н., Резнік Н. С., Труфляк С. В. і інші науковці [1, 5, 7, 9].

# НУБІП України

Проаналізувавши теоретичні і експериментальні дослідження, представлені в їх роботах, можна виділити основні напрями підвищення надійності.

# НУБІП України

Основні напрями підвищення надійності прибиральних машин і їх елементів:

- Удосконалення технології і технологічних засобів обслуговування;
- Використання системи резервування;
- Удосконалення конструкції деталей прибиральної машини;
- Формування покращених властивостей робочих поверхонь машин.

# НУБІП України

Удосконалені технології і технологічні засоби обслуговування сприяють підвищенню надійності і ефективності використання техніки, зв'язаної з усуненням, пошуком і запобіганням різного роду відмов, які можуть бути

# НУБІП України

# НУБІП України

викликані дефектами і несправностями. Для ефективного використання техніки і зниження затрат, зв'язаних з її простоями, необхідно знати визначену оптимальну кількість пунктів технічного обслуговування і їх раціональне функціонування.

# НУБІП України

Дослідження проводились в Ростовській області, де автори робит визначили необхідну кількість ланок, численний склад робітників і число проміжних пунктів технічного обслуговування, використовуючи значення ймовірнісного характеру настання відмовлень і мінімум питомих затрат.

# НУБІП України

Професором Курочкиним В. П., були розроблені моделі процесів керування ефективністю експлуатації машинно-тракторного парку, завдяки яким з'явилась можливість встановлення необхідного використання ресурсів техніки при ремонті і ТО.

# НУБІП України

Слід відмітити роботи Агеева Л. Є, Алілуєва В. А., Веденяпина Г. В., Киртбая Ю. К., Терских І. П. і інших. Професором Веденяпином Г. В. була розроблена методика, дозволяюча визначати час діагностики для систем ТО сільськогосподарських машин виходячи із довіреного рівня безвідмовності [12, 14].

# НУБІП України

Спільно зі своїми учнями професор Алілуєв В. А. теоретично і експериментально обґрунтовував використання віброакустичного методу діагностування. Результатом їх робіт стали прилади діагностування, визначаючи дефекти в вузлах і механізмах на основі вібросигнала.

# НУБІП України

Велику увагу питанням діагностування вузлів прибиральних машин було визначено співробітниками ГОСНІТІ. Завдяки їх роботам, були розроблені різні стенди для контролю технічного стану деталей входячих в склад: жнучої частини, гідросистеми, енергетичної установки і інших.

# НУБІП України

Роботи науковців Дроздова Н. І., Кривошміва В. К. і інших були присвячені швидкісним режимам ріжучих апаратів. Дослідження надійності ріжучих апаратів, які проводить Різниченко І. А., встановлюють залежність швидкості збиральної машини і частоти обертання приводного механізму, для збільшення швидкості зрізу чи поступальної швидкості ріжучих елементів ріжучого апарату.

# НУБІП України

Босий Е. С. в своїх працях роздивлявся процес різання при різній дії сил на стебло (статичному і динамічному), а також привів схему сил, діючих в момент різання на ніж. В працях описані рекомендації стосовно вибору конструктивних параметрів жнивної частини для надійної роботи.

# НУБІП України

Питаннями виникнення і наслідків раптової відмови, виникаючої при потраплянні в ріжучий апарат посторонніх деталей, були присвячені роботи Верховського А. В., Ярмоленко С. І. і інших. В їх дослідженнях деталі ріжучого апарата піддавалися дії навантажень, викликаних імітацією потрапляння посторонніх предметів.

# НУБІП України

Роботи присвячені динамічній навантаженості ріжучого апарату і втратами врожаю. Інженери німецької фірми 'Shumacher' займались

і впроваджували в виробництво конструкції ріжучих апаратів, де в якості привода використовується планетарна передача, виконуюча повздовжній рух ножа. Дане рішення дозволило знизити інерційні сили, виникаючі при роботі сегментно-пальцевого ріжучого апарата.

# НУБІП України

Зріз рослин здійснюється сегментами і протиріжучими пластинами,

Розміри яких повинні бути оптимальними для проведення відповідної операції. Труди науковців, направлені на визначення оптимальних параметрів, єли в основу стандартизації параметрів і розмірів деталей ріжучого апарату прибиральних машин.

# НУБІП України

Надійність сегментно-пальцевих і безпальцевих ріжучих апаратів напряму залежить від якості прижима ріжучих елементів. Неякісний прижим сприяє взаємодії ножа з другими частинами ріжучого апарату, сприяючи його зносу.

# НУБІП України

Помимо цього, при створенні мінімального зазору між ріжучими елементами спостерігається більш якісний зріз рослин.

Автори роботи пропонують встановлювати нижні направляючі і верхні прижими, зміщені горизонтально відносно бруса на однакову величину, для створення упругого беззазорного прижима ножей.

Завдяки чому досягається стабільний якісний зріз.

# НУБІП України

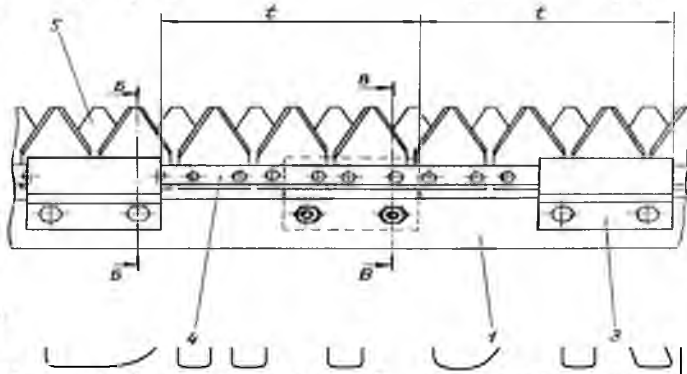


Рис. 1.6. Безпальцевий ріжучий апарат з установленими нижніми і верхніми ножами: 1 - брус; 2 - нижні направляючі прижими; 3 - верхні прижими; 4 - спинка; 6 - сегменти.

В сегментно-пальцевих ріжучих апаратах дана проблема знаходить своє відображення в роботі, де пропонується установка саморухомого ріжучого апарату, який сприяє постійному мінімальному зазору між ріжучими елементами.

Даний пристрій також окрім високої експлуатаційної надійності, приляло високій стабільній якості зрізу хлібної маси і травостою, підтвердженому експериментальними дослідженнями в польових умовах.

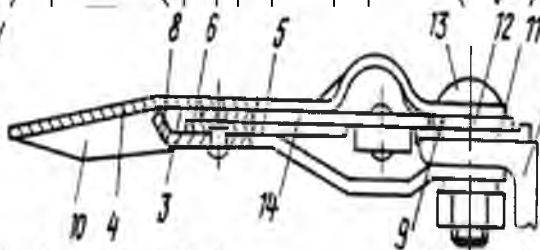


Рис. 1.7. Самогіджамний ріжучий апарат прибиральної машини: 1 - пальцевий брус; 2 - палець; 3 - основа; 4 - верхня секція; 5, 9 - привалочна площа; 6 - протирижуча пластина; 8 - носок; 10 - жолобчата трапецеїдальна формовка; 11 - пластина тертя; 12 - проміжна прокладка; 13 - болт; 14 - сегмент

Надійність ріжучого апарата залежать від якості його ріжучих елементів. Бо саме велика частина відмов приходить на сегменти, протирижучі пластини і пальці. Ці несправності виникають в зв'язку з зносом ріжучих елементів, викришування і поломкою сегментів і протирижучих пластин, потраплянням сторонніх предметів в ріжучий апарат, неякісним притиском ріжучих елементів друг до друга, послаблення. Інтенсивність зношування залежить від кількості абразивних частинок при взаємодії з ріжучими елементами і виду

# НУБІП України

зрізаємої рослини. Робота дегалей ріжучого апарату проходить в важких умовах, зв'язаних з абразивним зносом. Тому велика необхідність збільшення їх зносостійкості.

# НУБІП України

Ресурс сегмента із сталі У9 з закалених на твердість 50-60 HRC, виходячи з даних, складає всього лиш 4-20 год роботи при виробітку 5-24 га на ніж, при цьому знос сегмента проходить нерівномірно. Верхня частина сегмента зношується в зв'язку з тертям об неї стеблів зрізаних рослин і частинок ґрунту.

# НУБІП України

Нижня частина піддається взаємодії зі стернею і з кромкою протиріжучих пластин, цьому стирання на жньому поверхні значно вище верхньої.

# НУБІП України

Знос ріжучої кромки теж не є рівномірним. Підвищення навантаження на зріз в носовій частині і проковзування по ній великої кількості робочої маси веде її до більшого затуплення.

# НУБІП України

Автори робіт пропонують удосконалити сегменти за допомогою нанесення спеціального зносостійкого алмазоподібного покриття, яке ввиду своєї товщини 2...3 мкм не здійснює дію на геометричні параметри сегмента, а саме гостроти кромки. Таке запропоноване рішення дозволяє збільшити ресурс сегмента в 2,8...3,24 рази.

# НУБІП України

При цьому також знижується енергоємність процесу різання на 10%. Запропонована авторами змінена конструкція сегмента полегшує його вагу на 8...10% і сприяє легкому розрушенню при виникненню непередбачених відмов при потраплянні сторонніх предметів в ріжучий апарат. Авторам вдалось знизити затуплення ріжучих кромки сегмента в 1,83 раз.

# НУБІП України

Встановлена лінійна залежність швидкості зношування стандартних і зміцнених сегментів при різній швидкості сегмента ріжучого апарата в досліджуваному діапазоні нормальної сили.

# НУБІП України

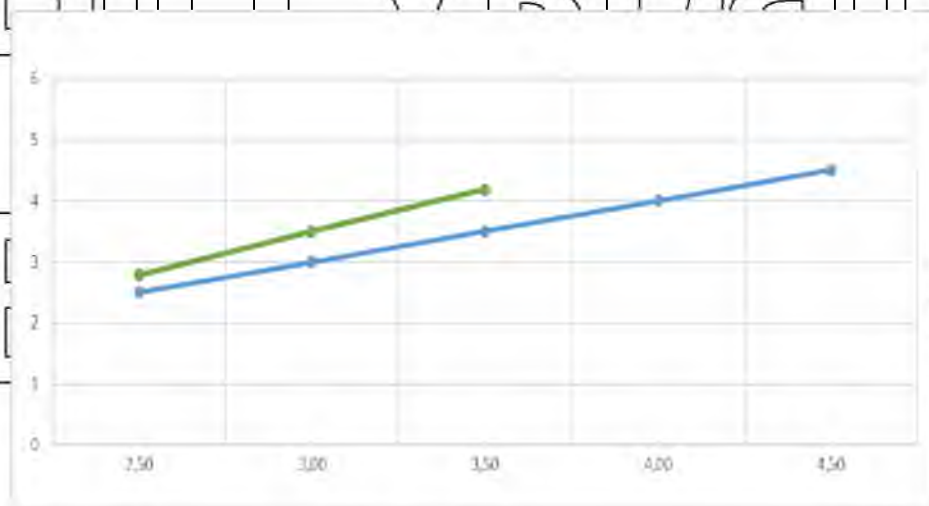


Рис. 1.8. Залежність швидкості зношування стандартних і зміцнених сегментів:  $P_z = 10$  Н;  $P_z = 20$  Н;  $P_z = 30$  Н.

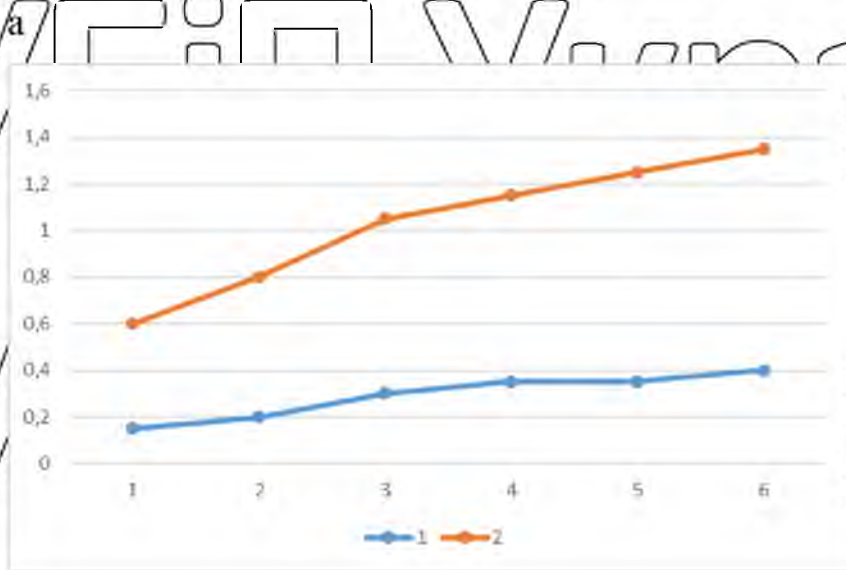
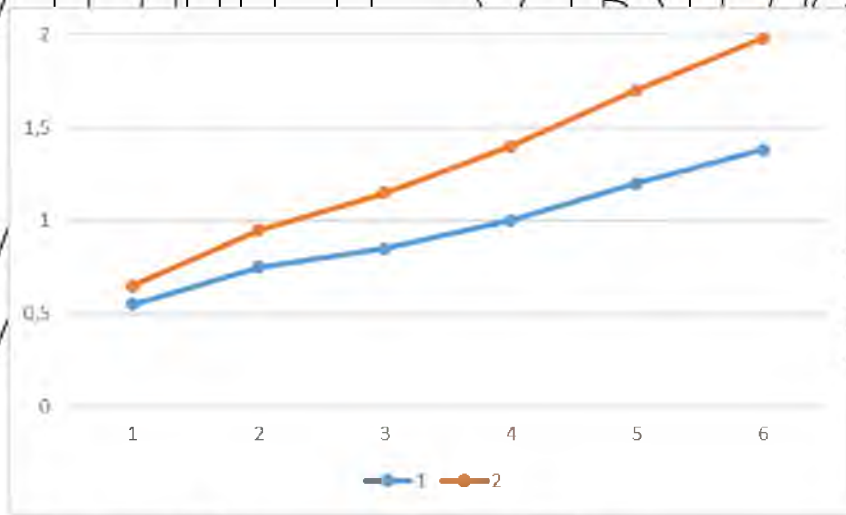
$P_z$  - значення нормальної сили, Н

Не тільки сегменти піддаються значним навантаженням при роботі ріжучого апарата. Наприклад, на пальці приходиться 10-20% відмов внаслідок абразивного зносу при роботі в важких умовах.

Так в роботах пропонується збільшити термін служби протиріжучих пластин, пальців і сегментів завдяки нанесенню на них зносостійкого покриття за допомогою електроіскрової обробки UR-121, електродами із нанокристалічного чи аморфного сплаву.

Товщина даного покриття складала 20-25 мкм з шириною сліду 1.5...2мм. Покриття, нанесене за допомогою електроіскрової обробки, дозволило збільшити ресурс деталей ріжучого апарата в 1,5-2 рази.

На рис. 1.9. показана залежність зносу деталей ріжучого апарату від наробітку, наглядно показуюча необхідність електроіскрової обробки пальців жаток комбайнів. Використані в процесі імпорту вітчизняні протиріжучі пластини показали неіснуючу різницю зношування.



б

Рис. 1.9. Залежність зносу пальців і протиріжучих пластин від наробітку:  
а) протиріжучі пластини; б) пальці.

Підвищення надійності в ротацийних ріжучих апаратах може бути досягнуто зниженням числа обертів ріжучого апарата. Правда, зниження частоти/обертання приведе до погіршення якості зрізу.

Автори роботи змогли досягнути зменшення числа обертів, при цьому додатково покращивши якість зрізу. Даний винахід представляє собою два диска обертаючихся назустріч один одному, створюючи ефект ножниць.

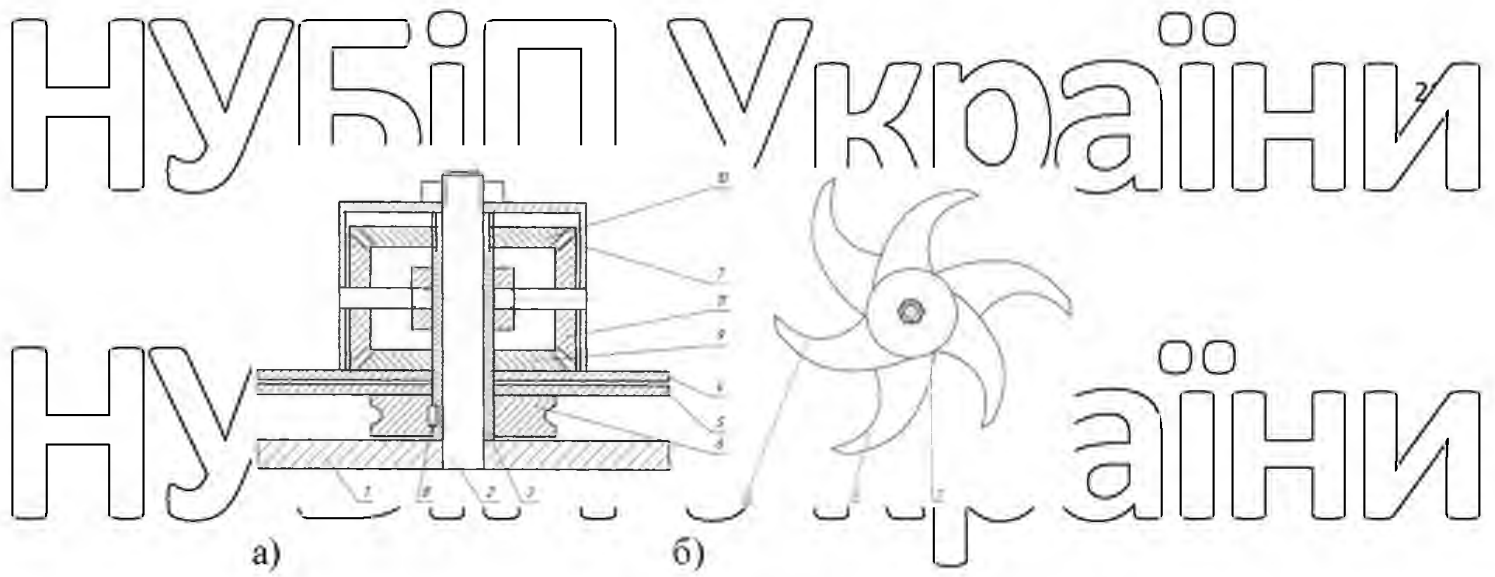


Рис. 1.10 Універсальний дводисковий ріжучий апарат: а) вид сбоку; б) вид

зверху. 1 - рама, 2 - вісь, 3 - вал, 4, 5 - диск; 6 - диск; 7 - редуктор, 8 - шпонка, 9 - ведена шестерня, 10 - ведуча шестерня, 11 - сателіти.

Підвищити надійність сегментно-пальцевого ріжучого апарата можна шляхом внутрішнього зрівноваження пружними елементами.

Пружини встановлюються на боковинах жатки для виведення їх із зони різання. З'єднуючи пружини з ножом досягається шляхом гнучкого елемента (троса), який перекинутий через ролик.

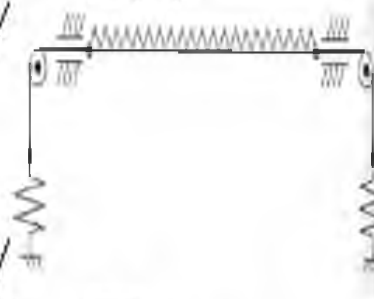


Рис. 1.11. Схема установки пружин

Окрім підвищення надійності авторами було досягнуто: зменшення інерції виникаючих при роботі аналогічної конструкції з додатковим підвищенням можливої швидкості роботи, за рахунок зниження тиску в шарнірах спостерігалось зниження затрат потужності на привід за рахунок зниження динамічних навантажень стало можливим зменшення розмірів ланок приводу, за рахунок зниження нерівномірності ходу було досягнуто зниження махової маси на кривошипі. Але навіть при всіх цих достоїнствах ріжучий апарат має ряд своїх характерних недоліків, одними з яких є: ускладнення конструкції ріжучого

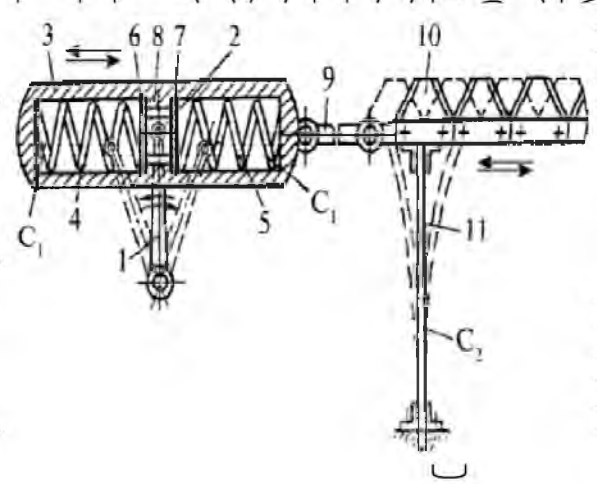
# НУБІП України

апарата і необхідність здатності двигуна подолати напруження пружного елемента при його пуску.

Для рішення другої проблеми був виготовлений спеціальний механізм

# НУБІП України

розгону ножа, облегчуючий пуск ріжучого апарата.



# НУБІП України

Рис. 1.12. Механізм розгону ножа: 1 - коливальник, 2 - штовхач; 3 - корпус; 4,5 - унутрі елементи; 6,7 - шайби; 8 - стопор; 9 - важіль; 10 - штифт; 11 - пружний елемент;  $C_1, C_2$  - жорсткість пружних елементів.

# НУБІП України

Представлені дослідження, технічні рішення і методи можуть бути основою для розробки технічних і технологічних рішень, дозволяючих підвищити надійність відомих ріжучих апаратів.

# НУБІП України

В ході проведення досліджень надійності прибиральних машин було встановлено, що на долю технічних несправностей від загальних простроїв техніки приходить 17,4...19,8%. По результатам машиновипробувальних станцій фактичний наробіток на відмову прибиральних машин знаходиться в межах 3...70 год, а коефіцієнт готовності рівний 0,85...0,97. Практично половина від загальної кількості відмов прибиральних машин приходить на жнивну частину.

# НУБІП України

При складанні розподілення кількості відмов сорогоприбирального комбайна не враховувались відмови тракторного причепа 2ПТС-4 і самохідного шасі Т-16М. Дані, представлені на мал. 25, були отримані по основним системам, включаючим жнивну частину, подаючий транспортер, прямоточну виносну молотильну камеру (ПВМК), транспортер скошених рослин, систему

# НУБІП України

регулювання висоти установки ПММК, систему синхронізації швидкостей руху ланцюга транспортера і комбайна, систему подачі зерна і зерновий бункер.

За період дослідження було зафіксовано 37 відмов, більша частина яких (46%) приходить на жнивну частину. Також можна виділити ще дві системи, на які приходить по 10,8% відмов. Це подаючий транспортер і ПММК.

В жнивній частині було зафіксовано 17 відмов, із яких більша частина приходить на деталі ріжучого апарата, а саме сегментів, протиріжучих пластин і пальців. До їх відмов відносяться: поломка сегментів, послаблення кріплень ножа, деформація сегментів, яка приводить до поломки протиріжучих пластин і пальців. Основні причини відмов - це послаблення кріплень і потрапляння в зону різання сторонніх предметів. Окремо слід виділити знос ріжучої кромки. Під дією абразивних частинок і зрізаємих рослин проходить викришування і знос ріжучої кромки.

Проведення аналізу надійності соргоприбирального комбайна показало, що ріжучий апарат нормального різання з кривоніжно-шатунним приводом ножа при установці на дослідний соргоприбиральний комбайн приводить до зниження надійності, із-за його конструктивних особливостей. З огляду рядного посіву сорго навантаження на сегменти розподіляється рівно, слідуючи, проходить значний знос окремих сегментів вступаючих в роботу, при цьому частина сегментів в роботу не вступає.

Аналіз надійності сегментно-пальцевого ріжучого апарата соргоприбирального комбайна дозволив встановити необхідність модернізації конструкції ріжучого апарата з більш високими параметрами ремонтпригодності. Таким чином, основними напрямками підвищення надійності ріжучих апаратів можна рахувати удосконалення конструкції і формування покращених властивостей робочих поверхонь ріжучих і протиріжучих елементів.

## 1.4 Ріжучі апарати машин для прибирання сільськогосподарських культур

# НУБІП України



# НУБІП України

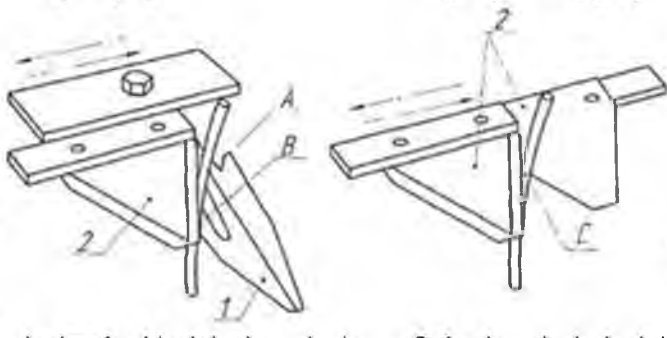


Рис. 1.13. Типи ріжучих апаратів підпорного зрізу: а - сегментно-пальцевий; б - безпальцевий: 1 - протиріжучий елемент (палець); 2 - ріжучий елемент (сегмент); А - верхня поверхність; В - нижня поверхність.

Принцип безпідпорного різання оснований на ударі стебла ножами, закріпленими на робочому органі, при високій швидкості ріжучих елементів порядку 50...65 м/с. Згин рослин в даному випадку обмежується силою інерції, жорсткістю самого стебла і підпори відносно інших сусідніх рослин.

Різновидності конструкцій ротаційних ріжучих апаратів показані на рис.1.14.

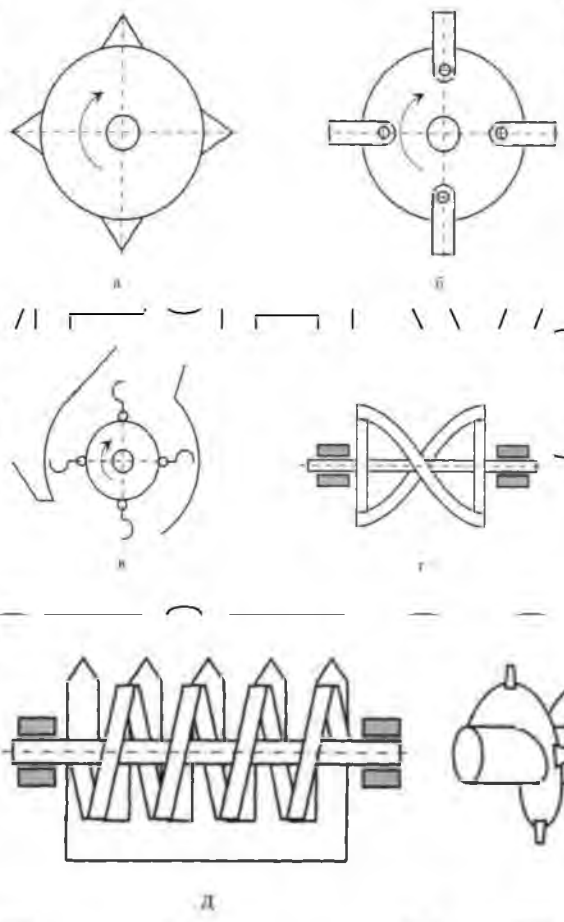


Рис. 1.14. Конструкції ротаційних ріжучих апаратів безпідпорного зрізу.

# НУБІП України

# НУБІП України

а) дисковий з жорстко закріпленими ножами; б) дисковий з шарнірно-закріпленими ножами; в) барабанний; г) з гвинтоподібними робочими органами; д) барабанно-шнековий; е) спіральний.

# НУБІП України

Крім перелічених ріжучих апаратів в роботі представлений шнековий ріжучий апарат, представляючий собою шнек і корпус з вирізами, для прохода маси представлений.

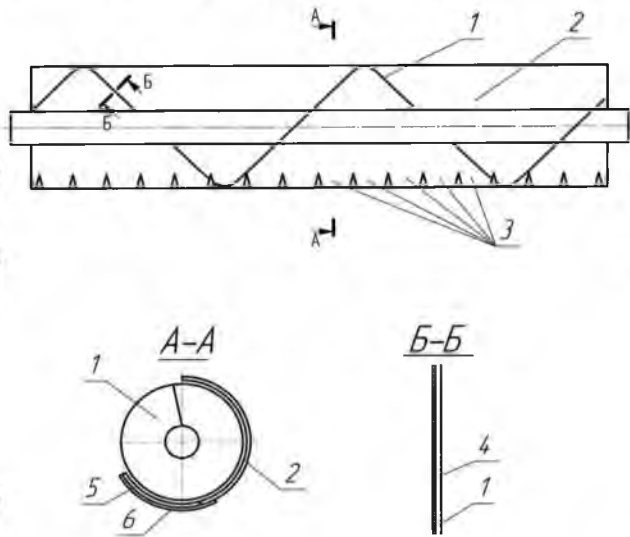


Рис. 1.15 Шнековий ріжучий апарат.

Даний ріжучий апарат завдяки використанню в його конструкції фторопластових накладок на лопатях шнека і протиріжучих пластин з напиленням керамічного покриття сприяє більш якісному зрізу, зі зниженням енергоємності процесу. Сегментно-пальцевий ріжучий апарат знаходить своє використання в конструкціях косилок і жаток приспиральних машин. Зріз рослин в даному ріжучому апараті виконується при швидкості сегменту 1,5...3,0 м/с. Швидкість руху ножа є змінною величиною по закону синуса від нульового значення в початку ходу ножа, збільшуючись до максимального в середині і зменшуючись до кінця ходу ножа.

В склад даного ріжучого апарата входить пальцевий брус з установленими на ньому пальцями, кривошипно-шатунний механізм, передаючий рух ножу, який в свою чергу складається із спинки ножа і сегментів.

При роботі сегмент підводить рослину до протиріжучої пластини пальця і

# НУБІП України

# НУБІП України

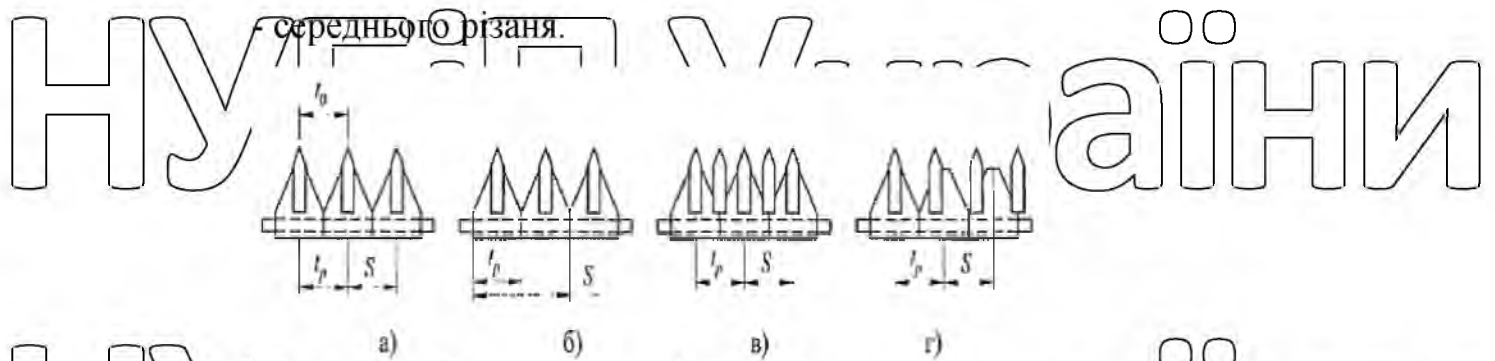
защемляючи, зрізає його. При зрізі рослина випрається в дві поверхні пальця: верхню А і нижню В, що тим самим зменшується прогин рослини і збільшується якість зрізу. Дана особливість конструкції ріжучого апарата дозволяє виконувати

# НУБІП України

зріз рослин, які мають малу жорсткість стебла.

Сегментно-пальцеві ріжучі апарати можна розділити на чотири типи, в залежності від їх геометричних і кінематичних параметрів (рис. 1.16).

- нормального різання з подвійним пробігом ножа;
- нормального різання з одинарним пробігом ножа: - низького різання;



а) нормального різання з одинарним пробігом ножа; б) нормального різання з подвійним пробігом ножа; в) низького різання; г) середнього різання.

$t_r$  - крок ріжучої частини;  $t_o$  - крок протиріжучої частини;  $S$  - хід ножа.

Рис. 1.16. Типи сегментно-пальцевих ріжучих апаратів.

# НУБІП України

Апарат нормального різання з одинарним пробігом ножа характеризується співвідношенням  $t_r = t_o = S = 76,2$  мм чи 90 мм (тут  $t_r$  - крок ріжучої частини;  $t_o$  - крок протиріжучої пластини;  $S$  - хід ножа).

Для зрізу трав, зернових і технічних культур в косилках і жатках використовуються апарати з кроком 76,2 мм, для зрізу товстостеблових культур в жатках силосприбиральних і кормоприбиральних комбайнів використовується апарат з кроком 90 мм. Апарати з підвищеним пробігом ножа використовуються для роботи на підвищених швидкостях в косарках для степових трав, це апарати нормального різання з подвійним пробігом ножа. Вони характеризуються відношенням  $2t_r = 2t_o = S = 152,4$  чи 101,6 мм.

# НУБІП України

# НУБІП України

Апарати нормального різання з некрратним ходом ножа характеризуються співвідношенням  $u_{tr} = u_{t0} = S$ , де  $1 < u < 2$ . Значення  $t_r - t_0 = 76,2$  мм,  $u$  рівно 1,15 і 1,84 мм. Ріжучий апарат низького різання має співвідношення  $t_r -$

$2t_0 = S = 76,2$  чи  $101,6$  мм. Перший варіант апарата використовують в косарках, другий – в причепних комбайних. Апарат середнього різання характеризується співвідношенням  $t_r = u_{t0} = S = 76,2$  чи  $101,6$  мм, де  $1,2 < u < 1,4$ .

Аналіз конструкцій вітчизняних і імпорних прибиральних машин показав, що широке використання отримав сегментно-пальцевий ріжучий апарат нормального різання з одинарним пробігом ножа. Це пояснюється високими показниками якості зрізу рослинної маси і малою енергоємністю роботи по зрівнянню з апаратами безпідпорного зрізу.

До операцій, проводимих при технічному обслуговуванні сегментно-пальцевого ріжучого апарата, можна віднести: очищення від рослинної маси і бруду; змазку; контроль болтів; прогину пальцевого бруса і положення сегментів відносно пальців; вимірювання і регулювання зазору між сегментом і кінцем прижиму ножа; усунення несправностей.

Діагностику несправностей проводять шляхом вимірювання в зазорах сполучень ріжучого апарата. Під вимірювання потрапляють зазори між направляючою брусу і голівкою ножа, а також зазори в підшипникових опорах шатуна, коромисла, вала кривошипа, і шарнірів карданної передачі.

Перевірку технічного стану необхідно проводити по значенням контролюємих параметрів технічних вимог на дефектацію деталей ріжучого апарата. Найбільш частими поломками при роботі сегментно-пальцевого ріжучого апарата є:

- поломка, вигиб сегментів і пальців;
- зношення і викришування ріжучої кромки сегментів і протиріжучих пластин;

- зношення деталей кривошипно-шатунного механізму і направляючої

# НУБІП України

ножа.

Основним недостатком сегментно-пальцевого ріжучого апарата в плані технічного обслуговування і ремонту є складність зборки, яка заключається в ретельних регулюваннях.

Безпальцевий ріжучий апарат в вигляді своєї конструкції отримав використання при прибиранні полеглих і спутаних рослин, відсутність пальців сприяє меншому забиванню і більш якісному зрізу при роботі в даних умовах.

При роботі даного ріжучого апарата зріз проводиться з опорою тільки в точці С.

Існує два види безпальцевих ріжучих апаратів: Одноножовий і двоножовий. В першому виді рухомий тільки один ніж, в другому вигляді обидва ножі здійснюють протилежні рухи, тим самим підтримуючи рівновагу машини.

З точки зору технічного обслуговування і ремонту безпальцевий ріжучий апарат має ряд своїх характерних недоліків, головними із яких є:

велике зношування ріжучих елементів, сприяюче їх подальшій заміні. Це сприяє збільшенню розхідних матеріалів і зниженню продуктивності зв'язаної зі збільшенням витрат часу на ремонт.

- низька експлуатаційна надійність смуги, пов'язана з зазором, виникаючим при збиранні, в яких є можливість потрапляння по сторонніх предметів тягнучих за собою виникнення несправності.

При виникненні поломки необхідно робити ремонт з заміною всього ножа, що в польових умовах не представляється можливим.

Застосування конструкцій ротаційно-дискових ріжучих апаратів засновано на високій окружній швидкості їх дисків, дозволяючих проводити зріз високоурожайних і грубостеблових рослин, без втрати якості і виключаючи можливість використання протиріжучих елементів. Зріз рослин ротаційно-дисковим ріжучим апаратом здійснюється за допомогою обертаючихся на вертикальній осі дисків, з закріпленими на них ножами.

При технічному обслуговуванні конструкцій ротаційно-дискових апаратів необхідно виконати операції, зв'язані з очищенням, змазкою, перевіркою

# НУБІП України

надійності кріплення ножів ротора і самого ротора, а також кріплення нижньої кришки основного бруса.

Головними несправностями, виникаючими при роботі даного ріжучого апарата, є: відмови ріжучих елементів зв'язані з їх поломкою чи вигибом, Намотування трави на деталі ріжучого апарата зв'язане з послабленням натягу ременних передач. Поломки і вигини ножів зв'язані з потраплянням в зону різання сторонніх предметів, в випадку виникнення даної несправності потрібна зупинка ВОМ для запобігання поломки других частин і деталей ріжучого апарата, при цьому виникає необхідність заміни протилежних ножів для забезпечення балансування диска.

Конструкції ротаційно-барабанних ріжучих апаратів знайшли своє широке використання в машинах для прибирання грубостебельних силосних культур і в конструкціях косарок – подрібнювачів. Використання подібного ріжучого апарата зв'язано з тим, що в якості ріжучих елементів виступають ножі, закріплені шарнірно чи жорстко, на барабані, обертаючому горизонтально навколо своєї осі. Конструктивні особливості даного ріжучого апарата дозволяє робити зріз рослин з подрібнювачем.

Головним недоліком ротаційно-барабанного ріжучого апарата є необхідність заміни ножів при поломці, з послідуочим балансуванням, яке в свою чергу є складною операцією, виконуємою на спеціальному обладнанні, виключаюча при цьому можливість ремонту в польових умовах.

В вигляді великої кількості відмов і необхідності ретельних регулювань чи балансувань, залишається актуальним питанням розробки і використання ріжучих апаратів з ножовим контуром, які позбавлені цих недоліків.

Помимо представлених ріжучих апаратів, в сільському господарстві знайшли використання ріжучі апарати з ножовим контуром. Вони відрізняються від сегментно-пальцевих і безпальцевих ріжучих апаратів наявністю ножа в вигляді замкнутого контуру, який може бути представлений ланцюгом чи ремнем.

Ріжучі апарати з ножовим контуром бувають підпорного і безпідпорного

# НУБІП України

зрізу. Авторами запропонований ріжучий апарат безпідпорного зрізу з  
 безкінечним тяговим елементом з закріпленими на ньому ріжучими елементами  
 (рис. 1.17).

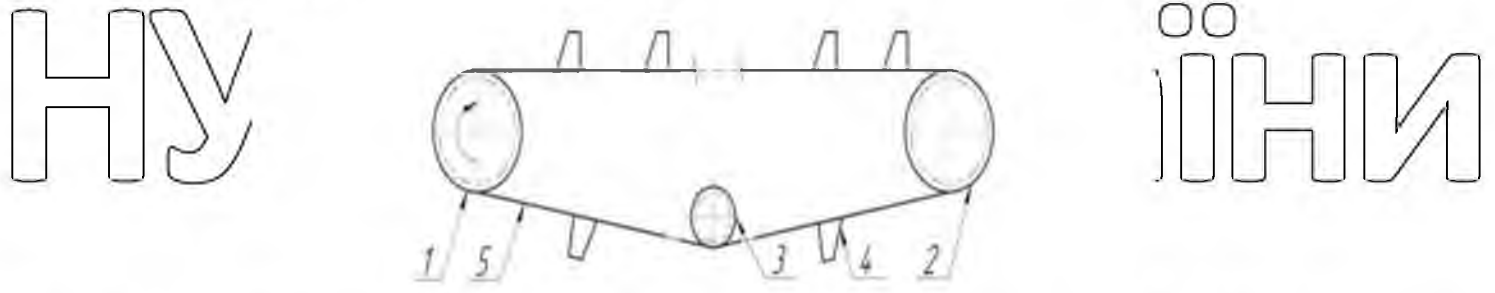


Рис. 1.17. Схема безпідпорного ріжучого апарата. 1 – ведуча зірочка; 2 –  
 відома зірочка; 3 – натягувач, 4 – ріжучий елемент, 5 – ланцюг

Встановлені графічні залежності від кроку розстановки ріжучих елементів,  
 поступаючої швидкості руху машини і лінійної швидкості переміщення ріжучих  
 елементів.

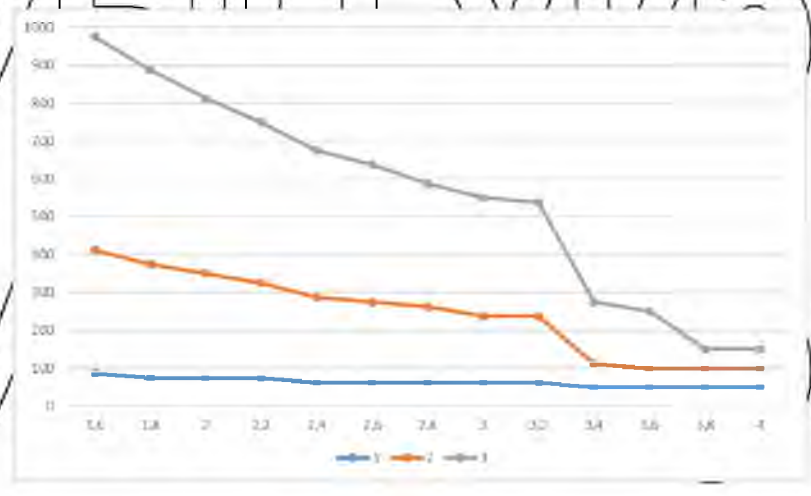


Рис. 1.18. Залежність поступальної швидкості руху машини, лінійної  
 швидкості переміщення ріжучих елементів і кроку розстановки ріжучих  
 елементів.

Крок розстановки ріжучих елементів ріжучого безпідпорного зріза  
 визначається із виразу:

$$t = m \left( t_{\text{гд}} + \frac{v_p}{v_m} \right), \quad (1.1)$$

# НУБІП України

# НУБІП України

где  $h$  – висота ріжучої частини, м;

$\alpha$  – кут нахилу ріжучої кромки, град;

$V_p$  – лінійна швидкість переміщення ріжучих елементів, м/с;

$V_m$  – поступальна швидкість руху машини, м/с;

Даний ріжучий апарат має постійну швидкість зрізу і не має недостатків, ротатійних ріжучих апаратів, зв'язаних з заміною ріжучих елементів і послідуочим балансуванням. Але значне збільшення швидкості зрізу необхідне в конструкції безпідірних ріжучих апаратів приведе до збільшення навантаження на привід, підшипникові вузли, передачі і складові частини ріжучого апарата, знижуючи при цьому його надійність.

В роботі автори добились зниження металоемності і шума ріжучого апарата при його роботі шляхом установки на нього двох безкінечних тягових елемента в вигляді двох клиновидних ремнів, з закріпленими на них ріжучими елементами, натягнуті на шківках, що рухаються на зустріч один одному.

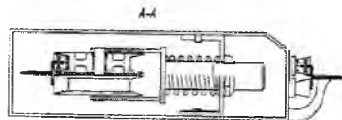
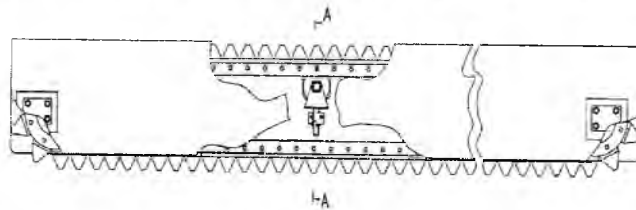


Рис. 1.19. Ріжучий апарат з ножовим контуром в виді клиновидних ремнів.

Також автори добились зниження кількості необхідних змазочних матеріалів в порівнянні з аналогічними ріжучими апаратами, маючими ніж в вигляді ланцюгового контура. Ресурс ріжучих кромок збільшений за рахунок можливості реверсивного руху. Недостатком даного ріжучого апарата є складність відновлення роботоздатного стану при обриві ремня. При ремонті виникає необхідність повного зняття привідного пасу з установленими на ньому ріжучими елементами і заміною на новий ремень.

Ріжучі елементи при цьому необхідно видалити і встановити на новий пас

# НУБІП України

# НУБІП України

при відсутності вже готового ножа.

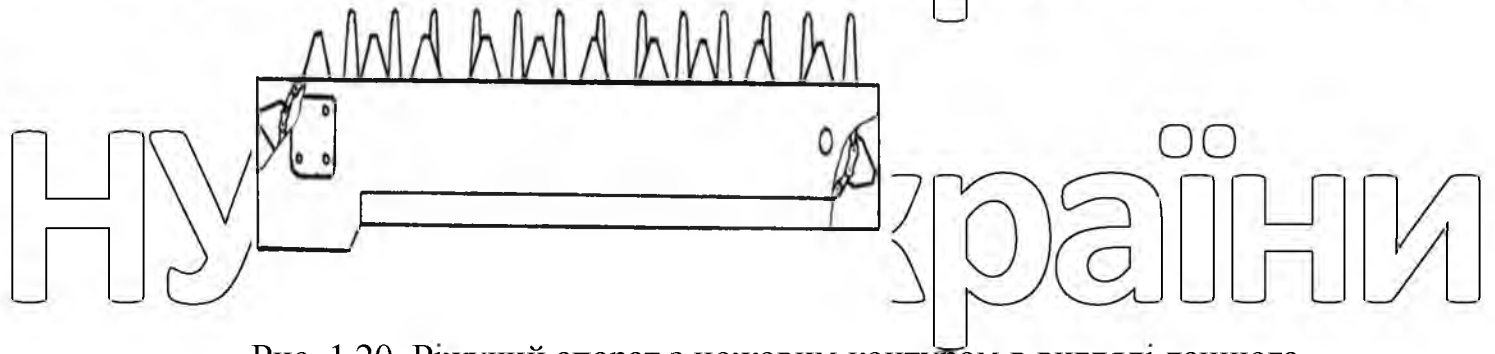


Рис. 1.20. Ріжучий апарат з ножовим контуром в вигляді ланцюга.

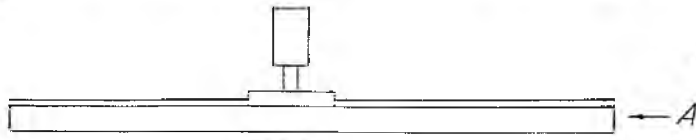
Рух ріжучих елементів здійснюється через привід, маючий гідророзподільвач для можливої зміни напрямку руху. У кожного сегмента і протиріжучої пластини одна із кромки лез має гладку заточку, а друга кромка насічену. Всі праві кромки лез ножів і протиріжучих пластин мають один тип заточки, а всі ліві кромки – інший тип заточки. За рахунок оперативної зміни напрямку руху безкінечного тягового елемента з ножами забезпечується самоочищення ріжучого апарата.

При використанні даної конструкції ріжучого апарата автори змогли добитись зниження собівартості механізованих робіт, яка складала 27,7 руб./га. Термін окупаємості склав 2,04 роки при річній економії собівартості механізованих робіт, рівній 8,93 тис. руб. Недостатком даного ріжучого апарата є відсутність контролюємої системи за основними відмовами і несправностями. Таким чином, відомо багато віariantів конструкцій ріжучих апаратів з ножовим контуром, маючих свої переваги і недоліки.

## 1.4. Деякі контролюючі системи, що використовуються в збиральних машинах

Пристрій, запропонований в роботі, використовується для контролю технічного стану висоти рифів бичів молотильного апарата. Автори добились упрощення конструкції її встановлення, також була досягнута пристосованість до роботи на сучасних машинах на відміну від аналогів (рис. 1.21)

НУБІП України



НУ України

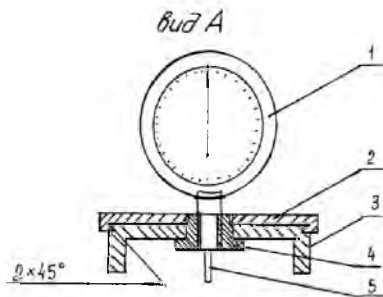


Рис. 1.21. Пристрій для контролю технічного стану бичів молотильного барабана зерноприбираючих комбайнів: 1 – індикатор часового типу, 2 – рухома рамка, 3 – планка, 4 – фіксуюча втулка, 5 – накінецьник

НУБІП України

Пристрій являє собою індикатор часового типу, який жорстко встановлений на рухомій рамці за допомогою втулки, сама рамка має можливість вільного переміщення по всій технологічній довжині завдяки боковим вирізам і прорізам П-образної планки. Дане конструктивне рішення сприяє високій точності вимірюванню зносу, зниженню затрат на технічне обслуговування і скорочення травмування зерна, зв'язаного з дробленням при обмолоті, на 2,5 – 3 ц/га.

НУБІП України

Авторами роботи запропонована автоматична система контролю і керування частотою вентилятора (рис. 1.22). Дана система має можливість автоматичної зміни частоти обертання вентилятора сепаратора на необхідну величину, при отриманні даних від датчиків, які в свою чергу встановлені на розподілюючому шнеку до молочуючого пристрою і за нижнім решіткою очистки.

НУБІП України

Система сприяє підвищенню ефективності роботи комбайна, зниженню часу реагування, зменшенню затрат часу і праці.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

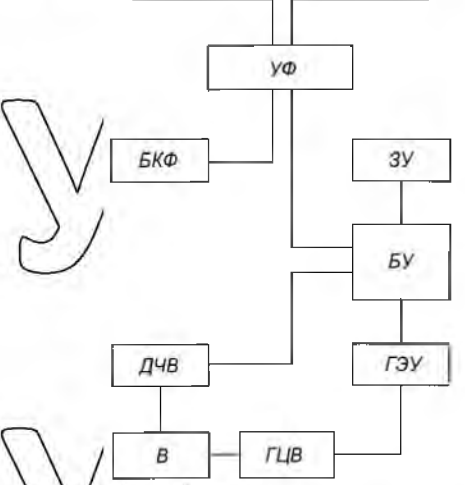
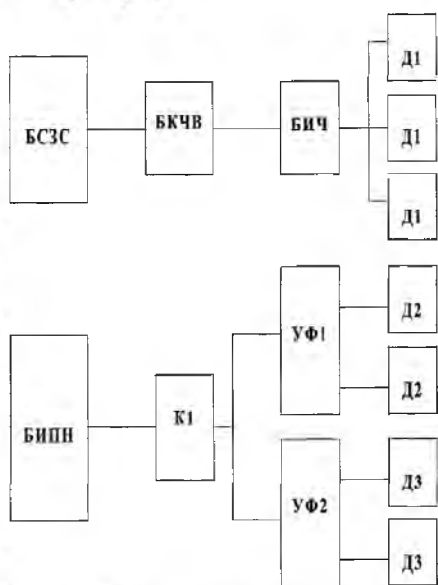


Рис. 1.22 Автоматична система контролю і керування частотою обертання вентилятора еспаратора зернового вороха: Д1, Д2 – п'єзометричні датчики якості якості колосової фракції, УФ – підсилювач формувач, БЯК – блок індикації якості колосової фракції, ЗП – задаючий пристрій, БУ – блок керування; ДЧО – датчик частоти обертання вентилятора, ГЕУ – гідророзподільник з електронним керуванням, ГЦВ – гідроциліндр варіатора вентилятора, В – вентилятор

Авторами роботи була розроблена автоматична система діагностування для контролю роботи робочих органів комбайна. А саме їх ремінних і ланцюгових передач. Даний результат був досягнутий шляхом підключення датчиків контролю натягу відповідних передач, до уже відомої автоматичної системи контролю. Завдяки даній системі у оператора комбайна з'являється можливість під час виконання технологічної операції проводити діагностування ремінних і ланцюгових передач і при виявленні несправності своєчасно виконати її усунення, що приводить до підвищення надійності і якості виконання роботи машини, при якому істотно знижуються затрати часу на ремонт зв'язані з пошуком несправності.

НУБІП України



НУ України

НУБІП України

Рис. 2.23 Автоматична система діагностування: Д1 – датчик частоти обертання, Д2 – п'єзометричний датчик втрат за соломотрясом і очисткою; Д3 – датчик контролю натягу ремінних і ланцюгових приводів; БВЧ – блок вимірювання частоти обертання; БКЧО – блок контролю частоти обертання; БИПН – блок індикації втрат і натягу; БСЗС – блок звукової і світлової сигналізації; К-1 – перемикач; УФ – 1, УФ – 2 – підсилювачі формувачі

НУБІП України

На даний момент на ріжучих апаратах прибиральних машин не знайшли використання системи, здатні виявляти відмови ріжучого апарата. Це є великою проблемою при роботі прибиральних машин на міжряддях, де істотно збільшується навантаження на окремі сегменти, і несправність може привести до істотних втрат врожаю.

НУБІП України

### Задачі дослідження

НУБІП України

На основі проведеного аналізу наукових робіт була сформована ціль дослідження: підвищення ремонтпридатності ріжучого апарата жатки для прибирання сорго за рахунок використання системи контролю відмов і зміни конструктивних параметрів.

В відповідності з метою дослідження, були визначені наступні задачі дослідження.

НУБІП України

Провести аналіз надійності сучасних машин для збирання

# НУБІП України

сільськогосподарських культур і конструкцій їх ріжучих апаратів.

Теоретично обґрунтувати процес різання стеблів сорго ріжучим апаратом з ножовим контуром при відмовах сегментів.

# НУБІП України

Розробити номограму вибору лінійної швидкості переміщення сегментів жатки для прибирання сорго від числа відмов сегментів.

Модернізувати ріжучий апарат жатки з ножовим контуром.

Оцінити ремонтпридатність жаток для збирання сорго.

Провести експериментальні дослідження модернізованого ріжучого

# НУБІП України

апарата жатки.

Виконати розрахунок економічної ефективності використання модернізованого ріжучого апарата жатки.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

## РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ

### РЕМОНТОПРИДАТНОСТІ РІЗУЧОГО АПАРАТА ЖАТКИ

#### ДЛЯ ПРИБИРАННЯ СОРГО

#### 2.1 Аналіз роботоздатності соргоприбирального комбайна

Ефективність використання соргоприбирального комбайна може бути виражена об'ємом виконаної корисної роботи, тобто наробітком з заданою якістю виконання технологічної операції, і буде еквівалентна тому рівню надійності машин, який визначається показниками його властивостей (безвідмовності, довговічності, ремонтпригодності і збережуваності):

$$H(t) = f(P_1, P_2, P_3, \dots, P_n), \quad (2.1)$$

де  $H(t)$  – наробіток соргоприбирального комбайна,

$P_1, P_2, P_3, P_n$  – показники властивостей надійності соргоприбирального комбайна.

Звідси слідує, що термін експлуатації соргоприбирального комбайна до граничного стану, а, слідує, і його наробіток залежать від швидкості зниження рівня надійності систем і в цілому комбайна. Таким чином,  $H(t)$  буде обумовлена часом знаходження соргоприбирального комбайна в роботоздатному стані  $t$ . Цей час буде складатися із відрізків часу роботи соргоприбирального комбайна  $t_i$ , коли він роботоздатний, і часу відновлення роботоздатного стану  $t_v$ .

Модель процесу використання соргоприбирального комбайна з  $r$  – ою кількістю відновлювальних елементів представлена на рис. 2.1.

# НУБІП України

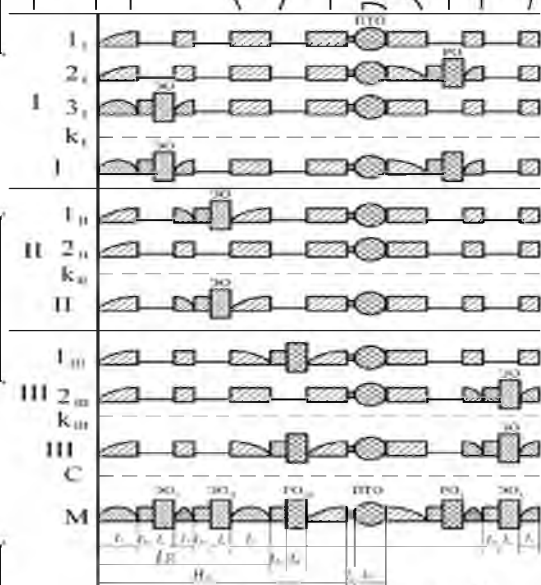
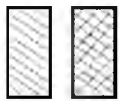




Рис. 2.1. Модель процесу використання соргозбирального комбайна


 - соргоприбиральний комбайн в нероботоздатному стані

(відмова);


 - соргоприбиральний комбайн в роботоздатному стані;

 - соргоприбиральний комбайн в нероботоздатному стані


(діагностика відмови);

 - соргоприбиральний комбайн в роботоздатному стані,

але робота не виконується по причинам не зв'язаним з станом комбайна;

 - соргоприбиральний комбайн в роботоздатному стані, але робота не

виконується по причині планової діагностики перед технічним обслуговуванням (ТО);

 - ТО.

1<sub>i</sub>, 2<sub>i</sub>, 3<sub>i</sub>, k<sub>i</sub>, 1<sub>ii</sub>, 2<sub>ii</sub>, 3<sub>ii</sub>, k<sub>ii</sub>, 1<sub>r</sub>, 2<sub>r</sub>, 3<sub>r</sub>, k<sub>r</sub> - елементи r-ої системи;

I, II, III... r - система соргоприбирального комбайна; М -

соргоприбиральний комбайн; ЕВ - експлуатаційна відмова; РВ - ресурсна

відмова; ПТО - періодичне ТО

# НУБІП України

# НУБІП України

Відомо, що до події, яка порушує роботоздатний стан машини, відноситься її відмова. Виходячи із цього положення, можна відмітити, що сумарний час роботоздатного стану  $t_{pc}$  розділено випадковими подіями - відмовами, і може бути визначено по формулі:

$$t_{pc} = \sum_{i=1}^m t_{pci} \quad (2.2)$$

де  $t_{pci}$  - продовжуваність  $i$ -го відрізка часу роботоздатного стану соргоприбирального комбайна;  
 $m$  - КІЛЬКІСТЬ ВІДМОВ

Час відновлення роботоздатного стану соргоприбирального комбайна  $t_e$

рівно:

$$t_e = \sum_{i=1}^m t_{vi} \quad (2.3)$$

де  $t_{vi}$  - час відновлення  $i$  -  $i$  відмови.

Слідє відмітити, що  $t_e$  включає також і час технічного обслуговування соргозбирального комбайна.

Тоді, загальна продовжуваність використання соргозбирального комбайна  $t_e$  рівна:

$$t_e = t_{pc} + t_e \quad (2.4)$$

$$t_e = \sum_{i=0}^m t_{pci} + \sum_{i=0}^m t_{vi} \quad (2.5)$$

В цьому випадку коефіцієнт технічного використання соргоприбирального комбайна  $K_{тп}$  - узагальнений комплексний показник надійності, можна визначити як відношення математичного очікування сумарного часу роботоздатного стану  $t_{pc}$  за період використання до продовжуваності використання  $t_e$ .

# НУБІП України

# НУБІП України

$$K_{\text{ТИ}} = \frac{t_{\text{пр}}}{t_e} \quad (2.6)$$

Після перетворення виразу (2.6) з врахуванням (2.5), отримаємо:

$$K_{\text{ТИ}} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m t_{\text{вi}}}{t_e} \quad (2.7)$$

Таким чином, для підвищення коефіцієнта технічного використання  $K_{\text{ТИ}}$  сервоприборального комбайна слід не тільки знизити кількість відмов його систем і, зокрема, ріжучого апарата жатки, але і знизувати затрати часу на відновлення роботоздатного стану, діагностику і технічне обслуговування.

## 2.2 Аналіз властивостей і показників ремонтпригодності об'єкта досліджень

Ремонтпридатність, як слідує з роботи, визначає властивість об'єкта, яка заключається в пристосованості його до підтримання і відновлення роботоздатного стану за рахунок технічного обслуговування і ремонту.

В відповідності з ГОСТ 21623-76 значення показників для оцінки ремонтпригодності машини чи якогось виробу обумовлюється не тільки кількістю (чи об'ємом) і періодичністю виконання робіт по технічному обслуговуванню і ремонту, але і їх експлуатаційній технологічності, яка проявляється в скороченні матеріальних засобів і часу, витрачаємому на підготовку до використання, технічне обслуговування, а також поточний ремонт і утилізацію.

Експлуатаційна технологічність по ГОСТ 21623-76 оцінюється коефіцієнтами доступності, взаємозамінності, легкозйомності, уніфікації і стандартизації.

Від рівня показників експлуатаційної технологічності залежать показники ремонтпригодності. Так, трудомісткість усунення відмови визначається властивостями доступності і легкозйомності. Доступність – пристосованість об'єкта до зручного виконання операцій ТО і ремонту з мінімальним об'ємом баластних робіт (роботи по відкриттю і закриттю панелей, кришок, люків,

демонтажу і монтажу встановленого грядом обладнання, збірних одиниць і деталей при доступі до обслуговуваних елементів об'єкта).

Доступність впливає на продуктивність праці при виконанні збірно-розбірних робіт внаслідок пози, займаємої робочим.

Так, в навчальному посібнику дані процентні залежності праці від пози, займаємої робочим. За позну 100% продуктивність робочого приймається робота в повний ріст, при роботі зігнувшись продуктивність знижується до 58-98% (в залежності важкості виконання розбірно-збірних робіт), на колінах вона

складає 50-60%, вприсядку 36-67% і найменшим показником є робота лежачи, продуктивність якої складає всього 30-40%.

Доступність по ГОСТ 21623-76 оцінюється коефіцієнтом доступності:

$$K_d = \frac{T_{осн}}{T_{осн} + T_{доп}}, \quad (3.8)$$

де  $T_{осн}$ ,  $T_{доп}$  - відповідно трудомісткості виконання основної роботи і додаткових (допоміжних, баластних) робіт.

Доступність виконання операцій ТО і ремонту ріжучого апарата соргоприбирального комбайна (рис 2.2) обмежується в основному розміщенням подаючого транспортера 1 і прямоїчної виносної молотильної камери 3.

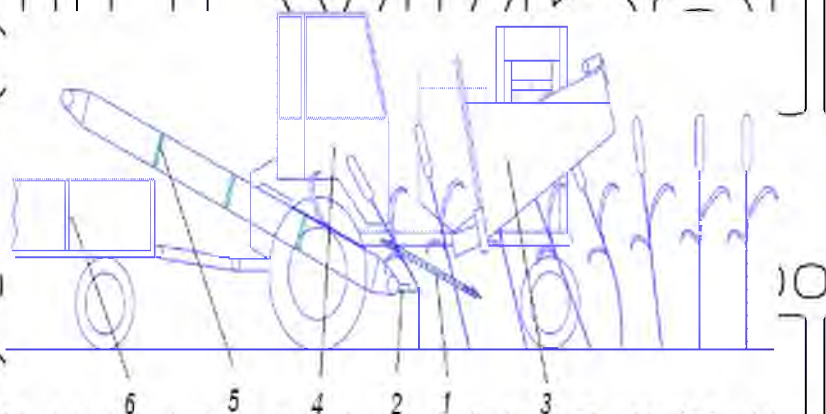


Рис. 3.2 Схема дослідного соргоприбирального комбайна: 1 - подаючий транспортер, 2 - ріжучий апарат, 3 - прямоїчна виносна молотильна камера, 4 - самохідне шасі Т-16М, 5 - транспортер скошених рослин, 6 - тракторний причеп 2ПТС-4

# НУБІП України

Для проведення операцій ТО і ремонту ріжучого апарата соргоприбирального комбайна потрібно зайняти позу №9 (рис 2.3).

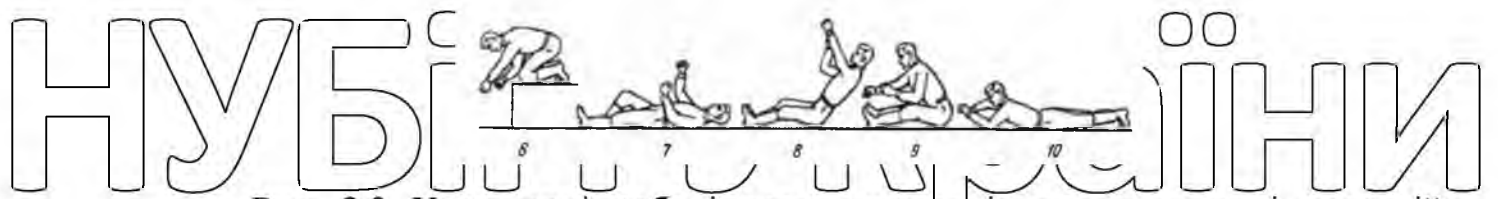
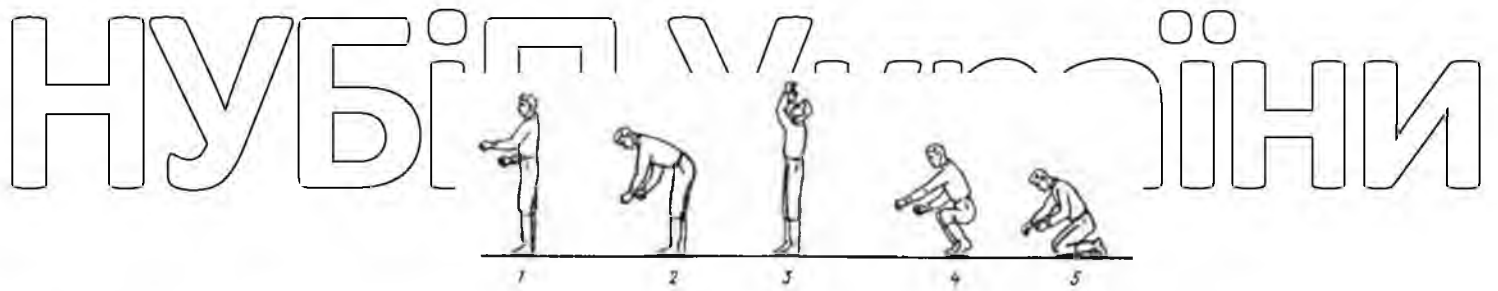


Рис. 2.3 Характерні робочі пози виконавців при виконанні операцій технічного обслуговування і ремонту машин.

Оскільки пропонуєма конструкція ріжучого апарата соргоприбирального комбайна дозволє здійснювати підвід відмовившого елемента ріжучого апарата до місця демонтажа за рахунок прокручування відомої зірочки, то при виконанні операцій, ТО і ремонту ріжучого апарата соргоприбирального комбайна, більш продуктивною позою виконавця буде поза №5 (рис. 2.3).

В цьому випадку затрати часу на виконання операцій ТО і ремонту будуть мінімально можливими при інших рівних умовах.

Легкозйомність – пристосованість агрегата, блока, складальної одиниці до заміни з мінімальними затратами часу і праці, а також пристосованість конструкції машини до операцій розбирання і складання.

Легкозйомність визначається кількістю одночасно знімаємих деталей для відкриття доступу до відмовившого елемента. В першому наближенні трудоемність розбірно-збірних робіт реально зпрогнозувати по відношенню кількості деталей по призначенню.

Показник експлуатаційної технологічності – легкозйомність може бути оцінена коефіцієнтом легкозйомності.

# НУБІП України

# НУБІП УКРАЇНИ

$$K_{л} = \frac{T_{дм.п.}}{T_{дм.ио}} \quad (3.9)$$

де  $T_{дм.п.}$  – оперативна трудомісткість демонтажно-монтажних робіт прототипа (під прототипом розуміють об'єкт, показники якого прийняті за вихідні) люд.-год;

# НУБІП УКРАЇНИ

$T_{дм.до.}$  – оперативна трудомісткість демонтажно-монтажних робіт доліджуваного об'єкта, люд.-год.

Важливою властивістю експлуатаційної технологічності машини є взаємозамінність її агрегатів, складальних одиниць, деталей і інших елементів при технічному обслуговуванні і текучому ремонті без підгінних робіт. В навчальній літературі розрізняють зовнішню, внутрішню, а також функціональну взаємозамінність.

# НУБІП УКРАЇНИ

Зовнішня взаємозамінність характеризує розміри, форму приєднаних поверхонь і основні експлуатаційні показники.

# НУБІП УКРАЇНИ

Внутрішня взаємозамінність характеризує розміри деталей, входячих в збірні одиниці, агрегати і вироби.

Функціональна взаємозалежність характеризує забезпеченість не тільки збірки і заміни при ремонті деталей і збірних одиниць, але і їх оптимальні служебні функції.

# НУБІП УКРАЇНИ

Взаємозамінність оцінюється коефіцієнтом взаємозамінності:

$$K_{в} = \frac{T_{зам}}{T_{зам} + T_{подг}} \quad (3.10)$$

де  $T_{зам}$  – трудомісткість основної роботи при заміні агрегата, збірної одиниці, деталі, люд. – год.;

$T_{подг}$  – трудомісткість підгінних робіт, люд. г.

# НУБІП УКРАЇНИ

По ГОСТ 21623-76 для оцінки технологічності існує ще два показники: коефіцієнт уніфікації і коефіцієнт стандартизації, які визначаються відповідно за формулами 2.11 і 2.12:

$$k_{ГОСТ} = \frac{N_{ГОСТ}}{N_{общ}} \quad (2.11)$$

де  $N_{ГОСТ}$  – кількість деталей по ГОСТ;

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП України

$N_{\text{общ}}$  – загальна кількість деталей:

$$k_{\text{KE}} = \frac{N_{\text{ГОСТ}}}{N_{\text{Зар.к.е}}}, \quad (2.12)$$

де  $N_{\text{Зар.к.е}}$  – загальна кількість конструктивних елементів машин.

# НУБІП України

Коефіцієнти уніфікації і стандартизації оцінюють насиченість об'єкта стандартними, уніфікованими, а також оригінальними деталями і збірними одиницями.

Для встановлення межового позиціонування ножа вводиться показник діагностики – контролепригодність. Оцінка контролепригодності проводиться по ГОСТ 26656-85 коефіцієнтом контролепригодності:

$$K_{\text{к}} = \frac{N_{\text{бс}}}{N_{\text{с}} + N_{\text{бс}}}, \quad (2.13)$$

де  $N_{\text{бс}}$  і  $N_{\text{с}}$  – число агрегатів контролюємих без зняття і зі зняттям з машини.

# НУБІП України

Таким чином, по представленим виразам, можна оцінити показники ремонтпригодності ріжучого апарата соргоприбирального комбайна.

## 2.3. Модернізація ріжучого апарата жатки

# НУБІП України

Експериментальні дослідження дослідного соргоприбирального комбайна і результати опитування комбайнерів показали, що однією з основних причин виникнення раптової відмови елементів ріжучого апарата є потрапляння в зону різання сторонніх предметів (металеві об'єкти, частини і фрагменти сільськогосподарських знарядь, каміння і т.д.). Виникаюче контактне напруження на кромці сегмента не дає провести якісний зріз, сегмент деформується чи піддається злому. Якщо прижимна пластина запобігає цьому, то виникають значні напруження всередині спинки ножа, які в подальшому розрушують її. Деформований сегмент внаслідок руху ножа зустрічає палець, розрушуючи деформуючи його, розрушуючись при цьому сам. Такий вид відмови характеризується скачкоподібним вихідним значенням незалежно від

# НУБІП України

моменту його наступання в часі загальної роботи і виходячої за межі допуску основного параметра.

В вигляді рядного посіву сорго і інших технічних культур при роботі ріжучого апарата комбайна для прибирання сорго виникають значні напруження на окремі сегменти, зв'язані з зворотньо-поступальним рухом ножа. При цьому частина сегментів практично не вступають в роботу.

Втрата чи поломка сегмента приводить до прокосів (частина рядків залишаються не скошеними). Так при прибиранні сорго є необхідність зберегти не тільки зерно, але і рослину, операцію по прибиранню необхідно зупинити і проводити необхідні ремонтні операції для відновлення ріжучого апарата. Заміна сегментів в конструкції сегментно-пальцевого ріжучого без зняття ножа ріжучого апарата є складною і травмонебезпечною операцією, так як на жатці є більша кількість ріжучих елементів і обмежений робочий простір для людини,

виконаної ремонт, не дозволяє займати зручне положення для здійснення ремонту. В цьому випадку для заміни сегмента необхідно перемістити ніж в положення, при якому замінюємія ріжучий елемент буде знаходитись між пальцями ріжучого апарата. Видалення сегмента проводять шляхом зрубівання заклепок з подальшим їх вибиванням. При виникненні складності і в видаленні заклепки прибігають до її висвердлювання. Встановлення сегмента здійснюють з використанням заклепок, використовуючи для цього упор під спинку ножа. Важливою умовою при виконанні даної операції є повне заповнення порожнини отвору під установку заклепки.

Травмонебезпечною операцією є також операція при заміні сегмента на ріжучому апараті соргоприбирального комбайна. Одна з причин – обмежений простір між ріжучим апаратом, нормалізатором і прямоочній виносній молотильній камері. В зв'язку з цим при виконанні операції по заміні ріжучих елементів соргоприбирального комбайна необхідно провести повне зняття ножової смуги з сегментами для її подальшого ремонту.

З ціллю підвищення ремонтпригодності і контродепригодності соргоприбирального комбайна була модернізована конструкція ріжучого

# НУБІП України

# НУБІП України

апарата, схема якої представлена на рисунку 2.4. Модернізація полягала в використанні в конструкції ріжучого апарата жатки пристрою контролю відмов сегментів, зйомних зубів зірочок, зміні геометричної форми сегментів і деяких геометричних розмірів ножового контура.

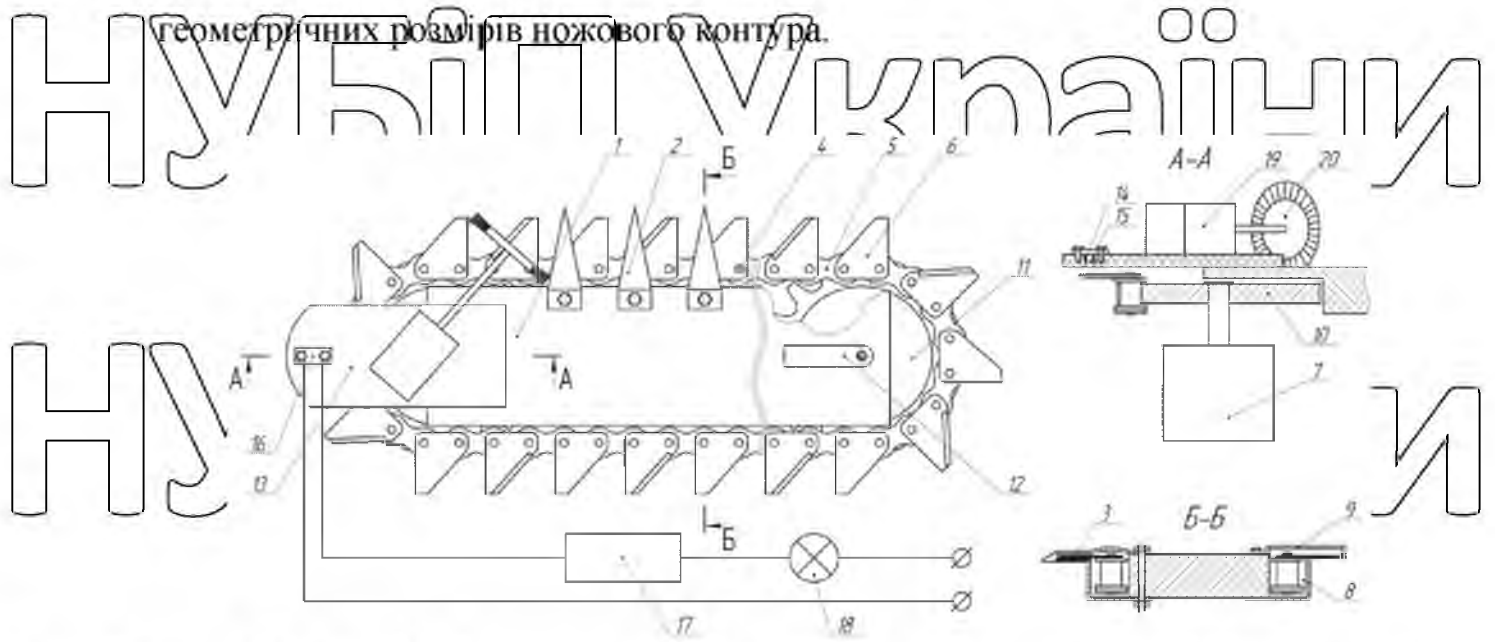


Рис. 2.4. Модернізований ріжучий апарат жатки з ножовим контуром: 1 – пальцевий брус, 2 – палець, 3 – протирижучі пластини, 4 – ніж, 5 – ланцюговий контур, 6 – сегмент, 7 – привід, 8 – направляюча коробка, 9 – захисний циток, 10 – ведуча зірочка, 11 – відома зірочка, 12 – механізм переміщення, 13 – пластина, 14 – отвір, 15 – датчик, 16 – кріплячий елемент, 17 – блок контролю, 18 – сигналізуючий пристрій, 19 – привід, 20 – щітка.

Даний ріжучий апарат робить наступним чином: привід 7 обертає ведучу зірочку 10, тим самим переміщуючи ножовий контур, закріплені на ньому ріжучі елементи, сегменти 6, підводять стебла рослин до протирижучих пластин 3, внаслідок чого проходить зріз. Ланцюг ножа при русі переміщується по направляючому коробу 8, який заспокоює її від коливань, направляє до зірочки і захищає від забруднень різними матеріалами.

При переміщенні сегмента під індуктивним датчиком 15, в якому формується сигнал з рівномірним по частоті і сплесками напруження, проходить за рахунок кількості імпульсів за допомогою блока контролю 17.

# НУБІП України

# НУБІП України

При поломці якого-небудь виникає пробіт між сплєсками, блок контролю зчитує їх кількість і при певній кількості дає подачу напруги на сигналізуючий пристрій 18. При роботі ріжучого апарата проходить забруднення його ріжучих елементів, що може привести до хибних показників системи контролю відмов.

# НУБІП України

Для уникнення цього, необхідно проводити очищення сегментів перед потраплянням в зону спрацювання датчика. Для цього встановлена щітка 20, яка обертається від привода 19 за допомогою передачі. Щітка знімає з сегмента рослинні залишки чи інші види забруднень, виключаючи хибних спрацювань датчика.

# НУБІП України

Ріжучі елементи конструкції ріжучих апаратів з ножовим контуром менш схильні до зв'язку з поступальним рухом ножа, при якому виключається збільшення навантаження на окремі сегменти. Використання даної конструкції ріжучого апарата сприяє можливості встановлення межового позиціонування

# НУБІП України

ножа завдяки встановленню системи контролю відмов. Модернізована конструкція ріжучого апарата сприяє підвищенню показників ремонтпригодності.

# НУБІП України

Даний технічний результат досягається за допомогою покращення досягаємості до заміняемого елемента за рахунок можливості обертання зірочки на необхідну кількість поворотів чи кут. При цьому необхідність зняття ножа для проведення ремонту з послідуочим його встановленням відпадають, в вигляді використання розбірного ножового контура, а його пальцеве з'єднання сприяє більш швидкій заміні ріжучого елемента.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

## 2.4 Теоретичні передумови оцінки кінематичних показників ріжучого апарата і показників зрізу рослин

НУБІП України

При роботі ріжучого апарата, де в якості ножа виступає ножовий контур, втрата одного чи двох сегментів відображається не істотно на якості зрізу.

Тому немає необхідності зупиняти операцію для усунення даної несправності. Відсутність даних по максимально можливій кількості відмов сегментів не дозволяє нам ігнорувати ремонт при перевищенні двох полумок.

НУБІП України

Тому при використанні жаток часто виникає необхідність знаходження допустимої кількості відмов сегментів по межовому позиціонуванню ножа ріжучого апарата. Межовим позиціонуванням ножа ріжучого апарата з ножовим контуром рахуємо таке позиціонування, при якому його подальше використання

недопустиме чи недоцільно із-за зниження якості скошування рослин сільськогосподарських культур по причині злому стебел.

НУБІП України

Для визначення граничного позиціонування ножа ріжучого апарата необхідно знати максимальний відгин рослин під дією ріжучих елементів (сегментів), при якому проходить якісний зріз рослин.

НУБІП України

Щоб визначити максимальний відгин рослин необхідно розрахувати хід ріжучого елемента ріжучого апарата жатки і хід машини при  $N$  відмовах сегментів. Для цього роздивимось схему ріжучого апарата жатки з ножовим контуром для двох випадків: без відмов сегментів (рис. 2.5a) і з відмовою одного (рис. 2.5b) сегмента.

НУБІП України

Схема, представлена на рисунку 2.5b, застосована також для визначення максимального відгину рослин при відмовах двох і більш поруч розташованих сегментів.

НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

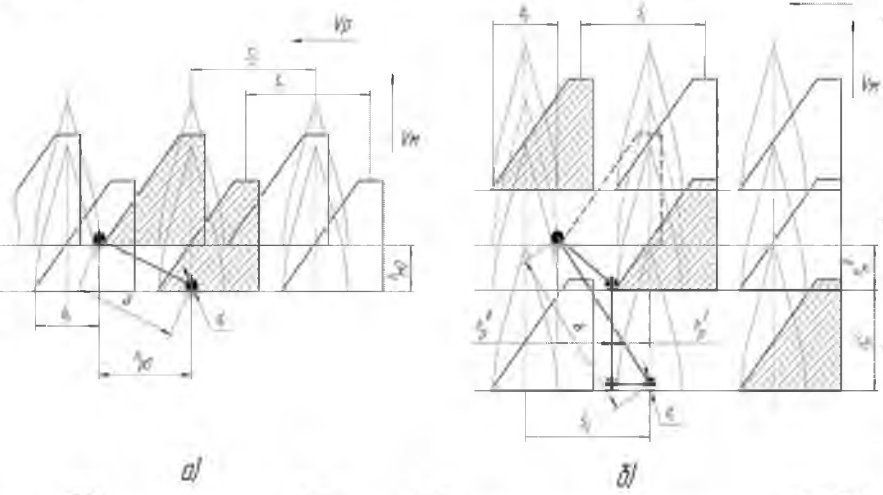


Рис. 2.5. Схема до визначення максимального відгину стебел сорго при скошуванні ріжучим апаратом жатки з ножовим контуром без відмов (а) і з одним (б) відмовою сегмента ріжучого апарата

# НУБІП України

В випадку відсутності відмов сегментів (рис. 2.5а) максимальний відгин рослин при їх еконуванні визначається по формулі:

# НУБІП України

$$\delta_{max0} = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2} \quad (3.14)$$

де  $\delta_1$  і  $\delta_2$  – відповідно повздовжний і поперечний відгини рослин, мм.

# НУБІП України

Для розрахунку  $\delta_{max0}$  можливо використати відому формулу:

$$\delta_{max0} = \left( S_0 - \frac{b_c}{2} \right) \sqrt{1 + \left( \frac{v_{m0}}{v_p} \right)^2} \quad (2.15)$$

де  $S_0$  – крок протиріжучих пластин, мм;

$b_c$  – ширина середньої частини пальця, мм;

$v_{m0}$  – поступальна швидкість руху машини, м/с.

# НУБІП України

Однак формулу (2.15) неможна використовувати при розрахунку максимального відгину рослин ріжучим апаратом з ножовим контуром в випадках відмов одного чи декількох поруч розміщених сегментів.

# НУБІП України

# НУБІП УКРАЇНИ

Роздивляючись рисунок 2.5b, отримаємо, що хід ріжучого елемента ріжучого апарата жатки при наявності відмов сегментів:

$$h_{pi} = h'_{pi} + h''_{pi}, \quad (2.16)$$

де  $h'_{pi}$  - хід ріжучого елемента до торкання сегментом стебла рослини, мм;  
 $h''_{pi}$  - хід ріжучого елемента до торкання сегментом стебла рослини до зрізу, мм.

Оскільки

$$h'_{pi} = \frac{b_0}{2} + \frac{d_c}{2}, \quad (2.17)$$

де  $d_c$  - середній діаметр стебла сорго на висоті зрізу, мм,  
 $b_0$  - ширина протиріжучих пластин у основі, мм,

і

$$h''_{pi} = (S_0 - b_0 - \frac{d_c}{2}), \quad (2.18)$$

тоді

$$h_{pi} = (S_0 - \frac{b_0}{2}). \quad (2.19)$$

Хід машини при відмовах  $N$  сегментів:

$$h_{mi} = h'_{mi} + h''_{mi}, \dots \dots \dots (2.20)$$

де  $h'_{mi}$  - хід машини за час холостого ходу (до зустрічі сегмента з рослиною);

$h''_{mi}$  - хід машини при зрізі рослини сегментом, слідуючим за відмовившим сегментом,  $i$  - номер відмовившого сегмента ( $i = 1, 2, 3$  і т. д.).

Складаючи ходу машини можна представити в вигляді:

$$h_{mi} = V_{m0} \cdot t_i, \quad (2.21)$$

де  $t_i$  - час руху машини до дотику сегментом стебла рослини, с;

$$h''_{mi} = V_{m0} \cdot t_{pi}, \quad (2.22)$$

де  $t_{pi}$  - час руху машини від моменту торкання сегментом рослини до зрізу, с.

Час руху машини до дотику сегментом стебла рослини визначаю з врахуванням лінійної швидкості переміщення сегментів жатки:

# НУБІП УКРАЇНИ

$$t_i = \frac{h'_{piN}}{V_{pi}} = \frac{NS_c + h'_{pi}}{V_{mo} \cdot \lambda_i} = \frac{NS_c + \frac{b_o + d_c}{2}}{V_{mo} + \lambda_i}, \quad (2.23)$$

де  $h'_{piN}$  - хід ріжучих елементів до зустрічі з рослиною найближчого до

$$h'_{piN} \text{ - хід ріжучих елементів до зустрічі з рослиною найближчого до}$$

при відсутності  $N$  відмовивних поряд розміщених сегментів, мм;

$S_c$  - крок сегментів, мм;

$\lambda_i$  - коефіцієнт, прийнятий мною як відношення лінійної швидкості

переміщення сегментів жатки до поступальної швидкості переміщення машини:

$$\lambda_i = \frac{V_{pi}}{V_{mo}}. \quad (2.24)$$

Системою контролю відмов, коефіцієнт  $\lambda_i$  є дискретною величиною, так як

$V_{pi}$  змінюється ступінчато при відмові сегментів і при прибиранні сорго

комбайном з інерційно-очесним способом обмолота для якісного обмолота

волоті сорго необхідно прагнути до виконання умови  $V_{mo} = \text{Const}$ .

Враховуючи залежності (2.21) і (2.23), отримуємо:

$$h'_{mi} = \frac{NS_c + \frac{b_o + d_c}{2}}{\lambda_i}. \quad (2.25)$$

Час руху машини від момента доторку сегментом рослини до зрізу

визначимо з врахуванням лінійної швидкості переміщення сегментів жатки

і залежності (2.18):

$$t_{pi} = \frac{h'_{mi}}{V_{pi}} = \frac{(S_o - b_o - \frac{d_c}{2})}{V_{mo} \cdot \lambda_i}. \quad (2.26)$$

З врахуванням залежності (2.26) вираз (2.22) приймає вид:

$$h''_{mi} = \frac{(S_o - b_o - \frac{d_c}{2})}{\lambda_i}. \quad (2.27)$$

Тоді, хід машини  $h_{mi}$  при  $N$  відмовах з врахуванням (2.25) і (2.27) можна представити наступним чином:

$$h_{mi} = \frac{(NS_c + S_o + \frac{b_o}{2})}{\lambda_i}. \quad (2.28)$$

$$h_{mi} = \frac{(NS_c + S_o + \frac{b_o}{2})}{\lambda_i}$$

# НУБІП УКРАЇНИ

Роздивляючись рис. 2.5b і представлені вище математичні перетворення, визначена залежність для визначення максимального відгину стебелів сорго при N відмовах сегментів:

$$\delta_{\max i} = \sqrt{h_{\text{мі}}^2 + h_{\text{рп}}^2} = \sqrt{\frac{1}{\lambda_i^2} \left( N S_c + S_o - \frac{b_0}{2} \right)^2} \quad (2.29)$$

Кількість рослин  $n_p$ , які можуть одночасно виявитись між протиріжними пластинами сусідніх пальців і можуть бути зрізані одним сегментом, визначимо з урахуванням ходу машини при N відмовах, величини міжрядь і відстані між рослинами сорго в рядку.

Так як, в теперішній час основним способом посіва сорго є пунктирний з міжряддям  $l_m = 0,70$  м і густиною рослин при посіві на зерно  $N_z = 40-70$  тис., на силос  $N_z = 60-100$  тис., на зелений корм  $N_z = 80-120$  тис. рослин на 1 га, то відстань  $l_p$  між рослинами сорго в рядку можна визначити по формулі:

$$l_p = \frac{10000}{N_z l_m} \quad (2.30)$$

Крім того, слід врахувати, що при  $l_m = 0,70$  м між протиріжними пластинами сусідніх пальців може виявитися тільки один рядок рослин.

Тоді,  $n_p$  визначимо з врахуванням відстані  $l_p$  між рослинами сорго в рядку і ходу машини  $h_{\text{мі}}$  при N відмовах:

Крім того, слід врахувати, що при  $l_m = 0,70$  м між протиріжними пластинами сусідніх пальців може відмовитись тільки тільки один порядок рослин.

Тоді,  $n_p$  визначимо з врахуванням відстані  $l_p$  між рослинами сорго в рядку і ходу машини  $h_{\text{мі}}$  при N відмовах:

$$n_p = \frac{h_{\text{мі}}}{l_p} = \frac{[N S_c + (S_o - \frac{b_0}{2})] N_z l_m}{10000 \lambda} \quad (2.31)$$

Залежність (2.31) дозволяє визначити навантаження на один сегмент ріжучого апарата жатки при прибиранні сорго.

Побудовані схеми зрізу рослин сорго дослідним сорго дослідним соргоприбиральним комбайном, обладнаним модернізованим ріжучим апаратом в випадку безвідмовної роботи з поступальними швидкостями

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП України

руху машини  $V_M = 1,5$  м/с (рис. 2.6),  $V_M = 2,0$  м/с (рис. 2.7) і  $V_M = 2,5$  м/с

(рис. 2.8) і змінюючийся лінійній швидкості переміщення сегментів  $V_p$ .

При побудові отримані наступні слідуючі площини руху сегментів:

# НУБІП України

$S_{деі}$  – площина руху і-го сегмента;

$S_{періjk}$  – площина перекриття сегментів і, j, k;

$S_{бз}$  – площина без захвату сегментами;

і – номер сегмента ріжучого апарата (і = 1, 2, 3 і т. д.);

j – номер сегмента слідуючий за і-м сегментом (j = 2, 3, 4 і т. д.);

k – номер сегмента слідуючий за j-м сегментом (k = 3, 4, 5 і т. д.);

Важливою умовою виконання якісного зрізу є відсутність зон  $S_{бз}$ .

# НУБІП України

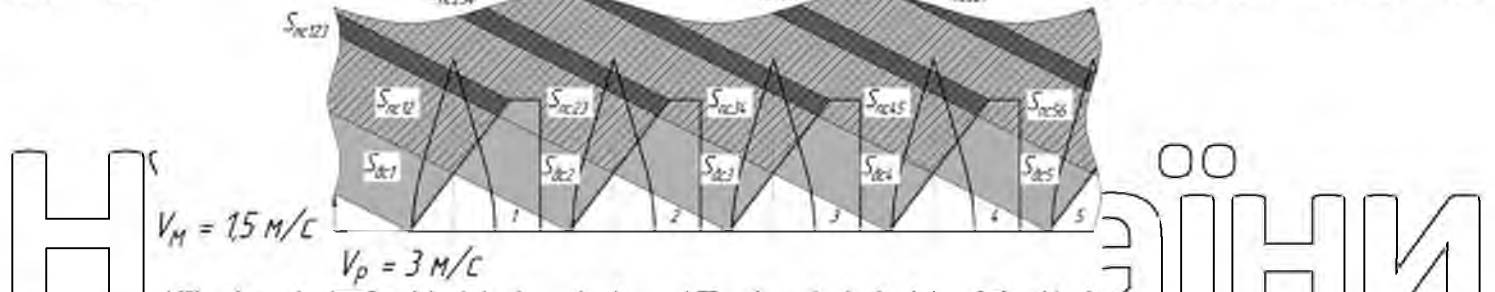
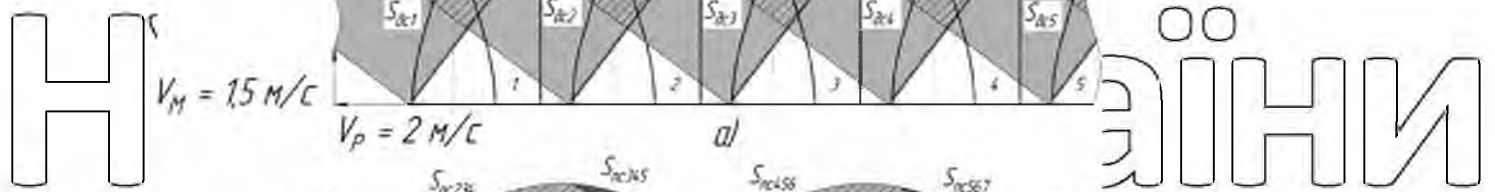


Рис. 2.6. Схема зрізу рослин сорго при  $V_M = 1,5$  м/с: а)  $V_p = 2,0$  м/с; б)  $V_p = 3,0$  м/с

У вигляді виникнення зон перекриття утворених трьома сегментами, подальше збільшення лінійної швидкості переміщення сегментів нерационально, в вигляді збільшення холостого ходу. Під холостим ходом в даному випадку розуміється відсутність повного завантаження ріжучої кромки сегмента, при якій її частина не зрізає рослини.

Для якісного зрізу необхідно дотримуватись співвідношення:

# НУБІП України

$$V_p = (1,25 \dots 1,3) V_M \quad (2,32)$$

# НУБІП України

Враховуючи це, мінімальна лінійна швидкість переміщення сегментів  $V_p$  при поступальній швидкості руху машини  $V_m = 1,5$  м/с рівняється 3,13 м/с.

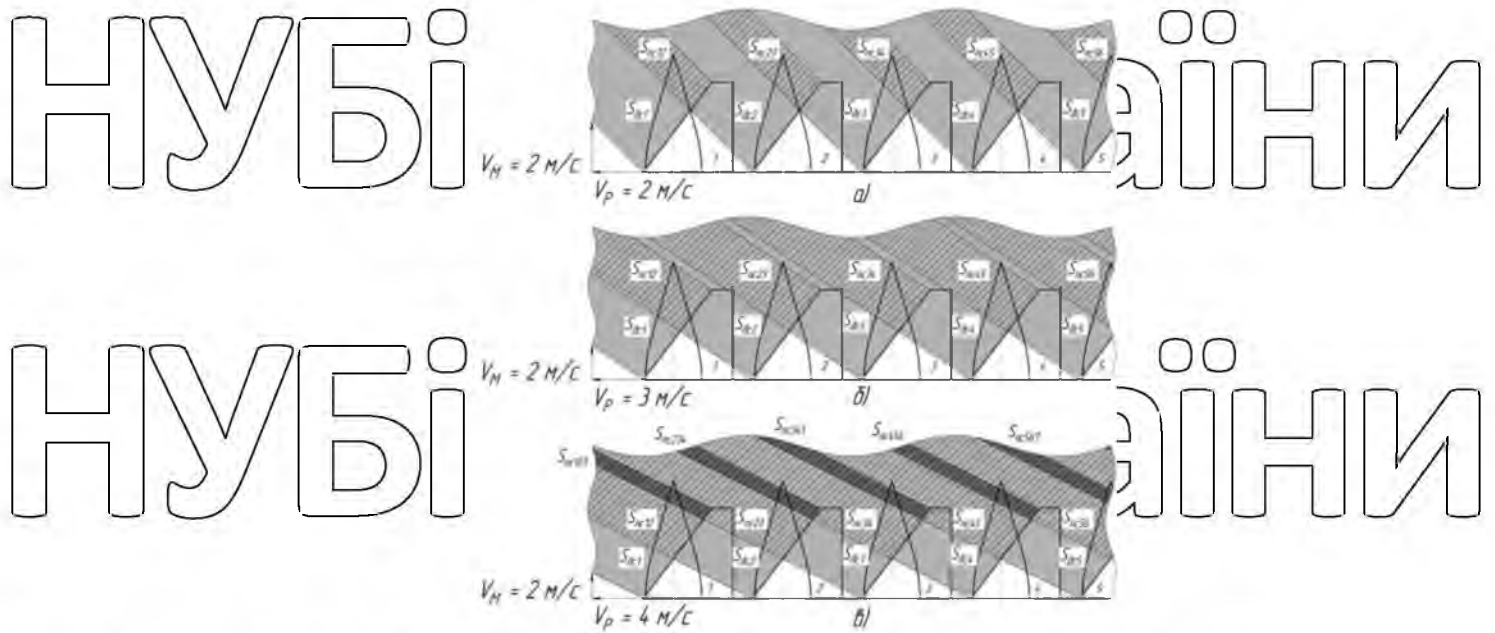


Рис. 2.7. Схема зрізу рослин сорго при  $V_m = 2,0$  м/с

а)  $V_p = 2,0$  м/с; б)  $V_p = 3,0$  м/с; в)  $V_p = 4,0$  м/с

У вигляді того, що мінімальна лінійна швидкість переміщення сегментів

$V_p$  при поступальній швидкості руху машини  $V_m = 2,0$  м/с рівняється 2,5 м/с,

В першому випадку (рис. 2.7, а) буде проходити висковзування стебла рослини із ріжучої пари, не забезпечуючи при цьому якісний зріз.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

Тому при цьому в третьому випадку (рис. 2.7, в) збільшення лінійної швидкості переміщення сегментів  $V_p$  недоцільно

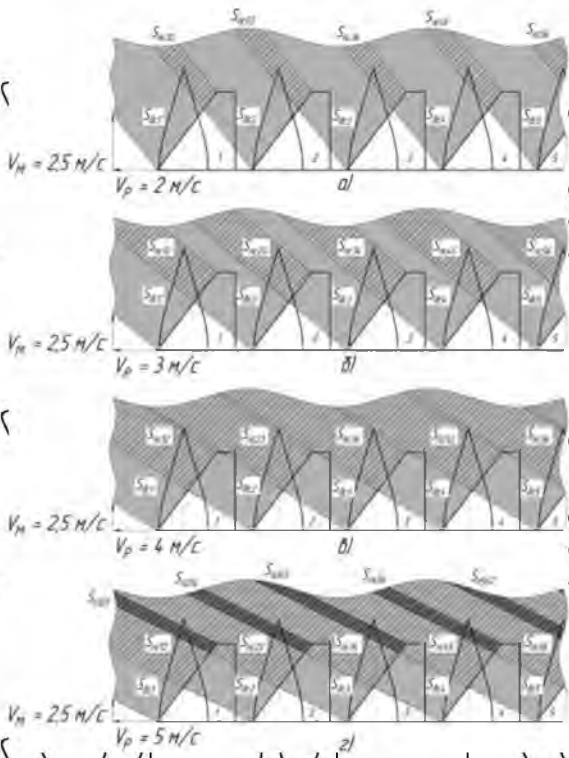


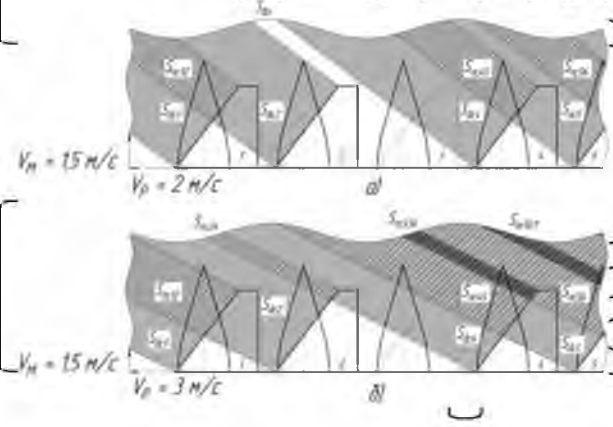
Рис. 2.8. Схема зрізу рослин сорго при  $V_M = 2,5$  м/с:  
а)  $V_p = 2,0$  м/с; б)  $V_p = 3,0$  м/с; в)  $V_p = 4,0$  м/с; г)  $V_p = 5,0$  м/с.

З огляду на те, що мінімальна лінійна швидкість переміщення сегментів  $V_p$  при поступальній швидкості руху машини  $V_M = 2,5$  м/с рівняється 3,13 м/с, в першому випадку і в другому випадку (рис. 2.8, а, б) буде проходити вискользування стебла рослини із ріжучої пари, не забезпечуючи при цьому якісний зріз. Тому використання даного співвідношення швидкостей недопустимо, а збільшення швидкості  $V_p$  в четвертому випадку недоцільно (рис. 2.8, г).

Побудовані також схеми зрізу рослин сорго дослідним соргоприбиральним комбайном, обладнаним модернізованим ріжучим апаратом в випадку, відмови одного сегмента при  $V_M = 1,5$  м/с (рис. 2.9),  $V_M = 2,0$  м/с (рис. 2.10) і  $V_M = 2,5$  м/с (рис. 2.11).

# НУБІП України

НУБІП України



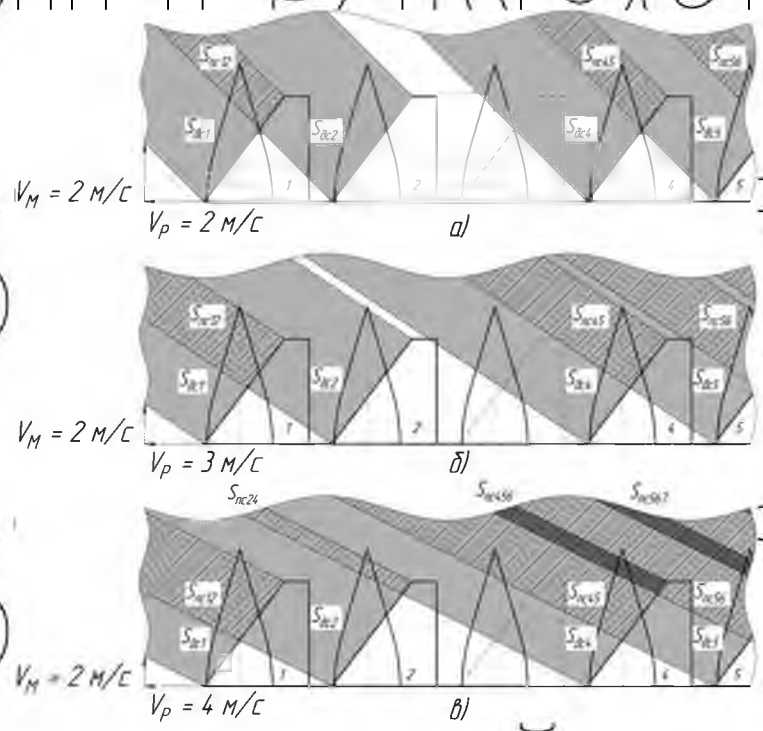
НУБІП України

Рис. 2.9 Схема зрізу рослин сорго в випадку відмови одного сегмента при  $V_M = 1,5 \text{ м/с}$  (рис 2.9),  $V_M = 2,0 \text{ м/с}$  (рис 2.10) і  $V_M = 3,0 \text{ м/с}$  (рис 2.11).

При одній відмові сегмента  $N = 1$  і при лінійній швидкості переміщення сегментів  $V_P = 2,0 \text{ м/с}$ , а також поступальній швидкості руху машини

$V_M = 1,5 \text{ м/с}$ , з'являються зони без захвату сегментів  $S_{63}$ . При підвищенні швидкості  $V_P$  дана зона перекривається сегментом слідуєчим за відмовившим. Аналогічно збільшення швидкості необхідно для випадків, показаних на рис. 2.10 і 2.11.

НУБІП України



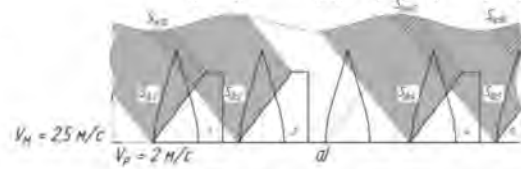
НУБ ІНІ

НУБ ІНІ

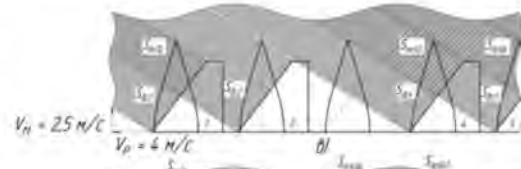
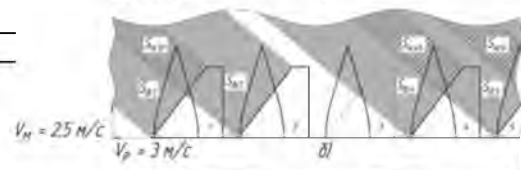
Рис. 2.10. Схема зрізу рослин сорго в випадку відмови одного сегмента при  $V_M = 2,0 \text{ м/с}$ ; а)  $V_P = 2,0 \text{ м/с}$ ; б)  $V_P = 3,0 \text{ м/с}$ ; в)  $V_P = 4,0 \text{ м/с}$

НУБІП України

НУБІП України



НУБІП України



НУБІП України

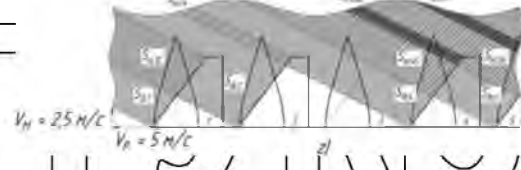


Рис. 2.11 – Схема зрізу рослин сорго в випадку відмови одного сегмента при  $V_M = 2,5$  м/с: а)  $V_P = 2,0$  м/с; б)  $V_P = 3,0$  м/с; в)  $V_P = 4,0$  м/с; г)  $V_P = 5,0$  м/с.

НУБІП України

Із представлених на рис. 2.6 – 2.11 схемах слідує, що зріз рослин сорго дослідним соргоприбиральним комбайном, обладнаним модернізованим ріжучим апаратом, здійснюється якісно, враховуючи співвідношення (2.32) і необхідність збільшення лінійної швидкості переміщення сегментів  $V_P$  при відмові сегментів.

НУБІП України

Знаючи допустимий максимальний відгин стебел сорго  $[\delta_{max}]$  і використовуючи вираз (2.29), отримаємо вираз для розрахунку  $\lambda_i$ :

$$\lambda_i = \left( NS_c + S_o - \frac{b_o}{2} \right) \sqrt{\frac{1}{[\delta_{max}]^2 - \left( S_o - \frac{b_o}{2} \right)^2}} \quad (2.33)$$

НУБІП України

Таким чином, отримані математичні залежності для визначення максимального відгину стебел сорго і коефіцієнта  $\lambda_i$  з врахуванням кількості відмов сегментів

НУБІП України

## 2.5 Розробка номограми вибору лінійної швидкості переміщення сегментів жатки для прибирання сорго від числа відмов

На всі показники кількості відмов сегментів будуть справедливі для встановлення межового позиціонування ножа при роботі ріжучого апарата.

Для визначення межового позиціонування ножа і встановлення закономірностей зміни лінійної швидкості переміщення сегментів і поступальної швидкості машини від кількості відмов сегментів, для розрахунків були прийняті

наступні показники: поступальної швидкості руху машини  $V_M = 0,5 \dots 3,0$  м/с з інтервалом 0,5 м/с і лінійній швидкості переміщення сегментів  $V_p = 3, 5, 7, 9$  м/с.

Мінімальна висота зрізу в конструкції соргоприбирального комбайна рівна 100 мм. Для визначення необхідної висоти зрізу приймемо діапазон 100...300 мм з інтервалом 100 мм, з огляду на конструктивні особливості соргоприбирального

комбайна. При недостатній висоті зрізу проходить злом рослин з огляду на перевищення максимально допустимого відгину.

При підвищенні висоти зрізу максимальний відгин стебел зменшиться, що сприяє більш якісному зрізу, з огляду на зменшення вигину стебел, а також менша ймовірність потрапляння в зону різання сторонніх предметів,

які приводять до поломки деталей ріжучого апарата. Недостатком підвищення висоти зрізу є втрати листостебельної маси з огляду на відносне підвищення висоти стерні

Підставивши значення швидкостей в вираз (2.29), отримали розрахункові значення максимального відгину стебел рослин, з врахуванням різної кількості відмов сегментів

Висоту стерні при роботі ріжучого апарата можна знайти по формулі

$$l = \sqrt{H^2 + \delta_{max}^2} \quad (2.34)$$

де  $H$  – висота установки ріжучого апарата, мм.

Теоретичні дані, отримані при розрахунку максимального відгину, можна

# НУБІП УКРАЇНИ

використати при проектуванні системи контролю. Але максимальний відгин в багатьох випадках обмежується зломом рослини, що при прибиранні недопустимо і недоцільно. При зрізі товстостеблових культур, наприклад,

# НУБІП УКРАЇНИ

кукурудзи з діаметром стебел рівним від 21 до 40 мм, кут при якому проходить злом лежить в межах  $19...21,2^\circ$ . Для розрахунків зрізу стебел рослин сорго можна зробити припущення про рівність критичного кута нахилу, з огляду на схожість фізико-механічних властивостей.

Допустимий максимальний відгин сорго можна знайти по формулі:

# НУБІП УКРАЇНИ

$$[\delta_{max}] = H \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (2.35)$$

де  $\alpha$  – критичний кут нахилу стебел рослин при зрізі, град. (для розрахунків приймаємо середнє значення злому рослин діаметром від 21 до 40 мм, рівне  $20^\circ$ ).

# НУБІП УКРАЇНИ

Підставивши значення допустимого максимального відгину в вираз (2.34), встановили максимально допустиму висоту стерні при висоті зрізу 100, 200, і 300 мм, задовольняючу потребам на згин рослини. При 100 мм допустима висота стерні рівна 106 мм, при 200 мм – 213 мм, при 300 мм – 319 мм.

Величина допустимого максимального відгину при цих даних відповідно рівна 36 мм, 73 мм, 109 мм. Можна визначити закономірне збільшення різниці допустимої висоти стерні і висоти зрізу, при збільшенні останньої.

# НУБІП УКРАЇНИ

По отриманим значенням побудував номограму вибору лінійної швидкості переміщення сегментів жатки для прибирання сорго від числа відмов (рис. 2.12), завдяки якій з'являється можливість здійснювати вибір лінійної швидкості переміщення сегментів, забезпечуючій високу якість якості зрізу прибираємої культури.

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП УКРАЇНИ

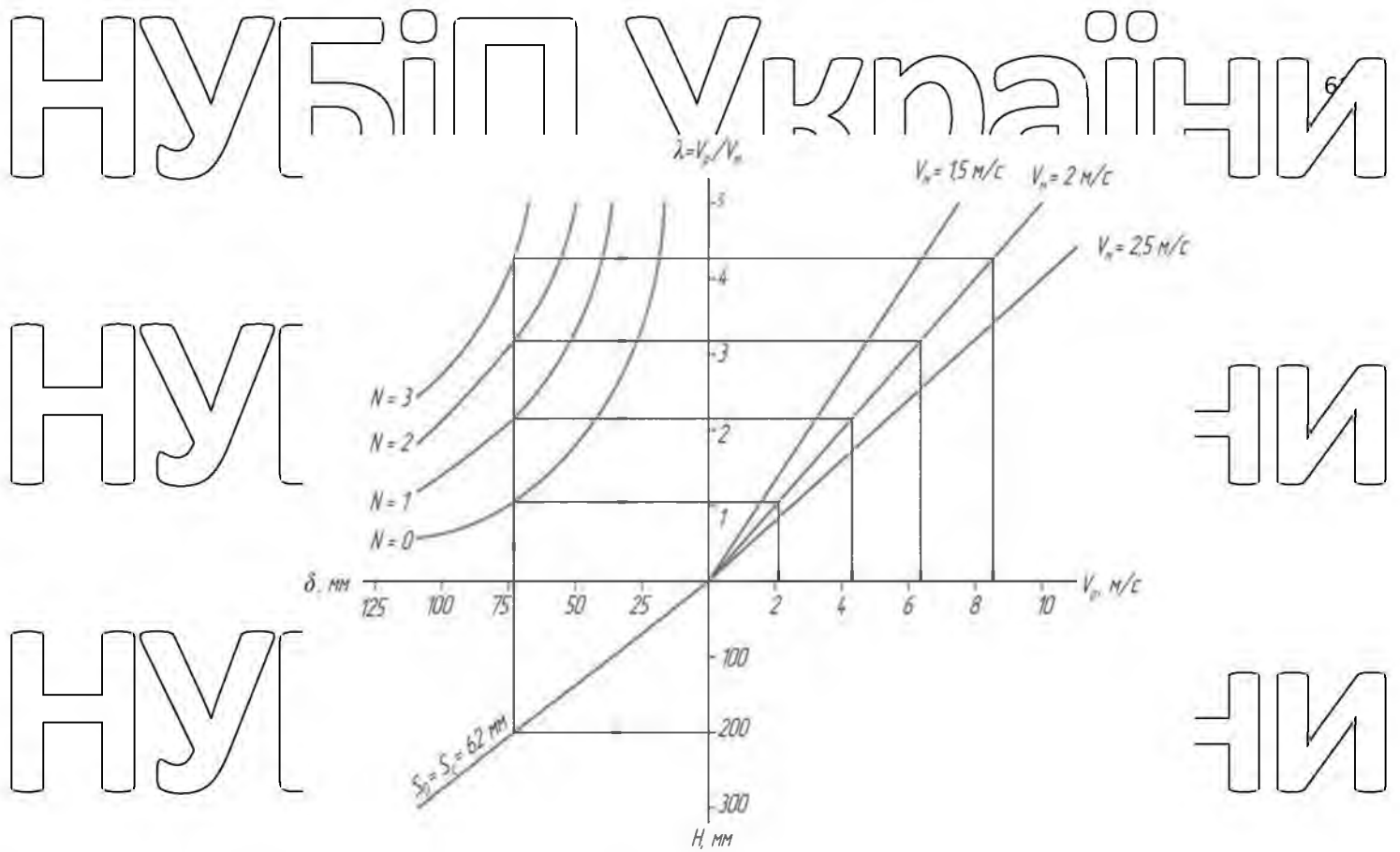


Рис. 2.12. Номограма вибору лінійної швидкості переміщення сегментів жатки для прибирання сорго від числа відмов сегментів.

Із номограми видно, що для забезпечення якісного зрізу рослин, наприклад, при висоті зрізу 200 мм і трьох відмовивших сегментах допустима лінійна швидкість переміщення сегментів повинна бути не менше 8,5 м/с.

Крім того, по представленій номограмі можна визначити також допустиме число відмов поруч розміщених сегментів рідучого апарата жатки соргоприбирального комбайна при різній лінійній швидкості переміщення сегментів.

### 2.5 Параметри системи контролю відмов

Система контролю відмов складається із блока контролю, індуктивного датчика, сигналізуючого пристрою, представленого в вигляді світлодіодних модулів для показань різного роду відмов, кабеля і кріплень.

# НУБІП УКРАЇНИ

Визначення більшості несправностей робиться індуктивним датчиком, який кріпиться на спеціальній пластині над ріжучим апаратом і направлений на верхню основу сегмента ріжучого апарата. При відмові сегмента чи зупинці ріжучого апарата система сигналізує про несправності.

Для визначення параметрів системи контролю необхідно виконати розрахунки, які вносяться в алгоритм роботи блока контролю.

Частоту обертання вала двигуна ланцюгової передачі можна знайти по формулі:

$$n = \frac{V_p \cdot 60 \cdot 10^3}{z_1 p}, \quad (2.36)$$

$z_1$  – число зубів ведучої зірочки, шт.;  
 $p$  – крок ланцюга, мм;

Звідси лінійна швидкість переміщення сегментів рівна:

$$V_p = \frac{z_1 n p}{60 \cdot 10^3}, \quad (2.37)$$

Для визначення кількості імпульсів знайдемо частоту обертання ножового контура ріжучого апарата виходячи з формули (2.36):

$$n_{н.к.} = \frac{V_p \cdot 60}{l_{н.к.}}, \quad (2.38)$$

Довжину ножового контура ріжучого апарата можна представити в вигляді виразу:

$$l_{н.к.} = \frac{2pz_{сег}}{10^3}, \quad (2.39)$$

де  $z_{сег}$  – кількість сегментів ножового контура, шт.

Підставивши довжину ножового контура ріжучого апарата і лінійну швидкість переміщення сегментів в виразі (2.36) отримаємо:

$$n_{н.к.} = \frac{z_1 n}{2z_{сег}}, \quad (2.40)$$

Для того, щоб знайти кількість імпульсів системи контролю відмов ріжучого апарата, необхідно частоту обертання  $n_{н.к.}$  помножити на кількість сегментів:

$$N_{імп} = z_{сег} n_{н.к.}, \quad (2.41)$$

З врахуванням кількості відмов сегментів  $N$  вираз (2.39) набуває вид:

$$N_{\text{імп}} = \frac{z_1 \tau (z_{\text{сер}} - N)}{2z_{\text{сер}}}. \quad (2.42)$$

Отримані вирази для визначення кількості імпульсів з врахуванням кількості імпульсів з врахуванням кількості відмов сегментів  $N$  може бути застосовані для внесення в алгоритм роботи блока контролю системи контролю відмов ріжучого апарата.

## 2.8. Висновки до розділу

1. Модернізована конструкція ріжучого апарата жатки для прибирання сорго. Модернізація полягала в використанні в конструкції пристрою контролю відмов сегментів, зйомних зубів зірочок, зміні геометричної форми сегментів і деяких геометричних розмірів ножового контура.

2. Отримані математичні залежності для розрахунку максимального відгину стебел сорго і визначення співвідношення поступальної швидкості руху машини і лінійної швидкості переміщення сегментів жатки в залежності від кількості відмов сегментів, при яких зріз рослин буде без злому.

3. Побудова схеми зрізу рослин сорго досвідченим соргоприбиральним комбайном, обладнаним модернізованим ріжучим апаратом, показали, що зріз рослин здійснюється якісно.

4. На основі теоретичних передположень розроблена номограма вибору лінійної швидкості переміщення сегментів жатки соргоприбирального комбайна від числа відмов сегментів.

5. Представлені параметри системи контролю відмов. Отримано вираз для визначення необхідної кількості імпульсів системи контролю відмов при різних показниках швидкості і конструктивних особливостей застосовуваного ріжучого апарата.

# НУБІП України

## РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1 Методика визначення роботоздатності системи контролю ріжучого апарата

# НУБІП України

Система контролю відмов призначена для пошуку і виявлення відмов виникаючих при роботі ріжучого апарата. До основних відмов ріжучого апарата можна віднести: обрив ножового контура зв'язаний з поломкою складових частин і їх з'єднань, поломка сегментів, поломка протиріжучих елементів, несправності приводу і передач. Для розробки системи контролю відмов був замовлений запрограмований блок контролю, алгоритм якого був написаний згідно наших теоретичних посилань. Окрім того, зчитування інформації від індуктивного датчика, має можливість контролю кількості від 1 до 3 сегментів, що відмовили завдяки сигналізуючому пристрою, що являє собою 3 діоди, відповідно на кожну відмову.

# НУБІП України

В ході проведення досліджень визначають кількість імпульсів при роботі ріжучого апарата без відмов і з відмовами сегментів, проводилось їх порівняння з отриманими теоретичними даними.

# НУБІП України

### 3.2 Визначення часу відновлення і трудомісткості ремонту ріжучих апаратів

Для отримання часу і трудомісткості відновлення, встановили кількість операцій при виконанні ремонту в базовій конструкції ріжучого апарата комбайна для збирання сорго (сегментно-пальцевий ріжучий апарат) і модернізованої конструкції (ріжучий апарат з системою контролю відмов).

Згідно навчальної літератури ремонтні роботи складаються із наступних пунктів:

- очищення об'єкта ремонту;
- розбирання об'єкта ремонту;

# НУБІП України

# НУБІП України

- дефектування деталей;

- комплектування деталей;

- балансування деталей і складальних одиниць;

- складання, обкатка і випробування об'єктів ремонту;

- фарбування машин.

# НУБІП України

Найбільшу частину робіт по заміні сегментів являють роботи з розбирання і складання. Кількість операцій при відновленні роботоздатності ножа ріжучого апарата в базовій і модернізованій конструкції різні.

# НУБІП України

В таблиці 3.1 вказані операції при заміні ріжучого елемента в базовій конструкції ріжучого апарата.

В таблиці 3.1

# НУБІП України

Роботи по заміні ріжучого елемента в базовій конструкції ріжучого апарата

Операції	Вид робіт
1. Установка ножа в крайнє положення	дод.
2. Зняття з пальцевого бруса частин ріжучого апарата прилягаючих до сегмента: протиріжучий палець, прижим, регульовальні прокладки, пластину тертя	дод.
3. Видалення заклепок і демонтаж змінюємого сегмента	осн.
4. Встановлення на ножову пластину запасного сегмента	осн.
5. Монтаж сегмента за допомогою пристосування для клепки сегментів і молотка	осн.
6. Встановити на місце і закріпити: пластину тертя, регульовальні прокладки, притискач і протиріжучий палець	дод.
7. Зробити регулювання ріжучого апарату	дод.

# НУБІП України

# НУБІП України

Аналогічно в таблиці 3.2 представимо операції по заміні ріжучого елемента в модернізованій конструкції ріжучого апарата. Також в таблиці зазна

# НУБІП України

Таблиця 3.2

Роботи по заміні ріжучого елемента в модернізованій конструкції ріжучого апарата

Операція	Вид робіт
1. Підвід ріжучого елемента до місця демонтажу внаслідок обертання веденої зірочки ланцюгового контура ножа	дод.
2. Послаблення натягу ланцюгового контура ножа	дод.
3. Демонтаж пальцевого з'єднання сегмента	осн.
4. Встановлення запасного сегмента на ножові пластини	осн.
5. Закріплення сегмента внаслідок пальцевого з'єднання	осн.
6. Натяг ланцюгового контура ножа	дод.

Для кожної операції із таблиці 3.1 і 3.2 необхідно визначити затрати часу.

Роботу виконує одна людина, тому трудомісткість відновлення буде рівна часу

# НУБІП України

# НУБІП України

відновлення переведену в люд.год. Ремонт ріжучих апаратів проводився в польових умовах використання комбайнів зернозбиральних з жатками для сорго.

# НУБІП України

Фіксування часу проводились до моменту початку проведення тої чи іншої операції до її завершення, без врахування часу на підготовку робочого місця і т.д.

Для проведення досліджень по визначенню часу відновлення і трудомісткість ремонту необхідно встановити, кількість дослідів (вимірювань).

# НУБІП України

Для встановлення більш точних чисельних значень, необхідно провести мінімум 5 дослідів. При проведенні досліджень, пов'язаних з конструкціями машин достатня надійність дослідів  $N = 0,9$ .

Таблиця 3.5 –

# НУБІП України

Інструмент для проведення робіт по заміні сегментів базової і модернізованої конструкції ріжучого апарата

Інструмент	Кількість, шт.
1. Ключ гайковий з відкритим зевом 7811-0003 (8x10)	2
2. Ключ гайковий з відкритим зевом 7811-0008 (14x15)	2
3. Ключ гайковий з відкритим зевом 7811-0023 (17x19)	1
4. Ключ гайковий кільцевий двохсторонній колінчатий 7811-0289 (17x19)	1
5. Молоток	1

# НУБІП України

НУБІП України

6. Зубило

1

НУБІП України

7. Пристосування для кріплення сегментів

1

Таким чином, за представленою методикою необхідно визначити час встановлення і трудомісткість ремонту ріжучих апаратів, за даними яких можна розрахувати коефіцієнт технічного використання, базуючись на теоретичних передумовах та результатах експериментальних досліджень.

НУБІП України

### 3.3 Методика проведення виробничих випробувань

НУБІП України

Як відомо, розрахункові і експериментальні значення відповідних параметрів повинні відповідати один одному з визначеною точністю.

Однак в нашому випадку експериментально визначити величину максимального відгину стебла на висоті зрізу рослин і кут нахилу стебла не визначається можливим. Тому, для їх оцінки були використані дані по замірах висоти стерні після зрізу рослин сорго ріжучим апаратом з пристроєм контролю відмов. Базуючись на теоретичних значеннях розрахункової висоти стерні, при якій проходить якісний зріз без злому стебел, можна провести корегування значення поступальної швидкості руху машини.

НУБІП України

Фрагмент лабораторних досліджень ріжучого апарата з системою контролю відмов представлено на рис.3.1.

НУБІП України



Рис. 3.3. Лабораторні дослідження ріжучого апарата з системою контролю відмов

Для встановлення роботоздатності ріжучого апарата з системою контролю відмов, нами були проведені лабораторні дослідження метою яких було встановити:

- відсутність заїдань і заклинювань в підшипникових вузлах, в механізмі переміщення веденці зірочки, в напрямках можового контуру і його складових частин;

- зріз рослин без злому;

- роботоздатність системи контролю відмов.

Оцінка результатів проводиться за принципом: задовольняє, не задовольняє.

# НУБІП України

## РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ МОДЕРНІЗОВАНОГО РІЗУЧОГО АПАРАТА ЖАТКИ ДЛЯ ПРИБИРАННЯ СОРГО

### 4.1 Особливості модернізації різучого апарата жатки

НУБІП України

Основним показником вибору конструктивної ширини захвата різучого апарата жатки є ширина міжрядь посіву сорго. На сьогоднішній час основним способом посіву сорго є пунктирний з міжряддям 0,7 м. З огляду на те, що прямоточна виносна молотильна камера (ПВМК) досліджуваного соргоприбирального комбайна, на якому проводились дослідження модернізованого різучого апарата жатки, захоплює тільки один рядок рослин, загальна ширина різучого апарата повинна бути підібрана таким чином, щоб сусідні рядки залишились недоторканими.

Конструкція різучого апарата являє собою зварну раму з кронштейнами для установки на комбайні. На рамі встановлена ведуча зірочка, обертання якої приводиться від гідромотора через ременну передачу.

Відома зірочка встановлена на рамі і має можливість поєздовжнього переміщення завдяки її закріпленню на лінійні підшипники. Ведуча зірочка приводить в рух встановлений на ній ніж в вигляді ланцюгового контура, натяг відомої зірочки приводиться за допомогою гвинтової передачі.

Для зменшення габаритів різучого апарата з огляду на великий крок ланцюга рівного  $t_{\text{ц}} = 62$  мм і обмеженого простору між нормалізатором і різучим апаратом, приймаємо число зубів відомої зірочки  $z_2 = 16$ , яке рекомендується для використання в сільськогосподарських машинах.

НУБІП України

Одною з причин втрати роботоздатності різучого апарата є знос зубів зірочки. Для усунення цієї причини, без повної заміни зірочки, було прийнято рішення зйомних зубів. При проектуванні експериментального зразка, зуби робились з сегментів різучого апарата, які пройшли механічну обробку. Профіль змінного зуба модернізованої конструкції різучого апарата з геометричними розмірами представлений на рис. 4.1.

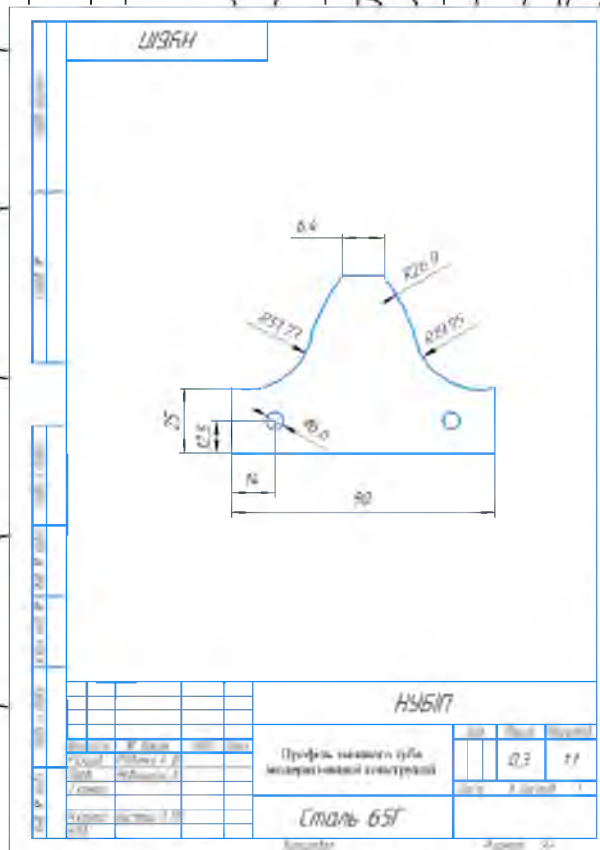


Рис. 4.1. Профіль змінного зуба модернізованої конструкції ріжучого апарата.

При розробці модернізованого ріжучого апарата встановили його конструктивні параметри, значення яких для порівняння з базовою конструкцією занесли в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1  
Конструктивні параметри ріжучих апаратів

Конструктивні параметри, мм	Модернізована конструкція	Базова конструкція
Хід ножа, S	∞	90
Крок пальців, $t_0$	61	90
Крок сегментів, t	61	90
Загальна висота сегментів, B	85,0	85,0
Ширина верхньої основи сегментів, m	12,1	12,1
Ширина нижньої основи сегментів, n	51	90,0
Висота заточеної частини сегмента, $h_0$	55	55,0
Висота протиріжучої пластини, $B_1$	52,0	52,0
Ширина нижньої основи вкладиша, b	32,0	32,0

# НУБІП України

Із таблиці 4.1 видно, що частина параметрів модернізованої конструкції і базової конструкції рівні. Різні параметри: хід ножа, крок сегментів і крок пальців, ширина нижньої основи сегментів. Хід ножа прагне до безкінечності з огляду на замкнутість ланцюгового контура.

Вибір кроку сегмента становить 62 мм, обумовлюється в першу чергу забезпеченням допустимого відгину стебел сорго при зкошуванні.

Величина кроку сегментів складається із відстані між отворами в сегменті для його встановлення. Враховуючи сказане, нами запропонована нова геометрична форма сегмента, показана на рисунку 4.2. Форма отримана ґрунтуючись на розмірах сегмента по ГССТ 158-74.

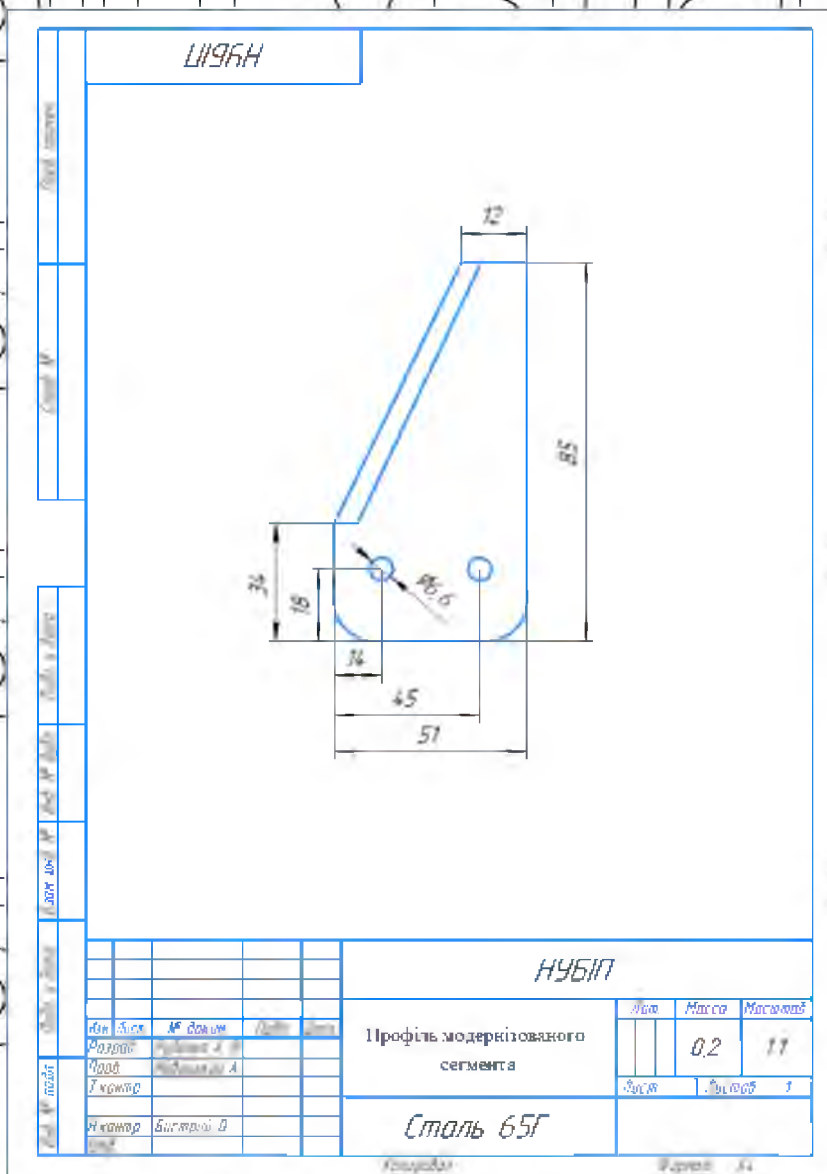


Рис. 4.2 Профіль модернізованого сегмента

# НУБІП України

При виготовленні ріжучого апарата можливо використання довголанцюгового приводного ланцюга з його подальшою модернізацією під установку сегмента. Для зменшення кількості механічних операцій для модернізації приймається ланцюг з великим кроком, для можливого пророблювання отворів в ланцюгу для встановлення сегмента через пальцеве з'єднання.

В зв'язку зі змінами конструктивних параметрів ріжучого апарата жатки дано обґрунтування параметрів гідропривода.

Таким чином, внесені зміни в конструкції ріжучого апарата жатки. Представлені нижче результати експериментальних досліджень отримані при дослідженнях модернізованого ріжучого апарата жатки для прибирання сорго.

## 4.2 Результати досліджень показників ремонтпригодності модернізованого ріжучого апарата жатки

### 4.2.1 Результати досліджень показників контролепригодності зрівнюємих ріжучих апаратів

Для оцінки контролепригодності базової і модернізованої конструкції знайшли значення коефіцієнтів контролепригодності. Отримані дані для зрівняння занесли в таблицю 4.2. Контроль полумок ріжучих елементів в сегментно-пальцевому ріжучому апараті проводиться візуально.

Тому зняття ножа для подальшого контролю ріжучих елементів не має сенсу. При використанні використовується ланцюг з ножовим кроком, обладнаного системою контролю відмов, можливо проводити контроль відмов сегментів, не покидаючи робочого місця без зняття з машини. В цьому випадку для оцінки контролепригодності вираз приймає вигляд:

$$K_K = \frac{N_{\text{бп}}}{N_{\text{п}} + N_{\text{бп}}} \quad (4.1)$$

# НУБІП України

де  $N_{\text{бп}}$  і  $N_{\text{п}}$  – число контролюємих елементів ножа (в рахунок не беруться з'єднувальні елементи: заклепки і болтові з'єднання) без покидання робочого місця і з покиданням.

# НУБІП України

Таблиця 4.2

Значення коефіцієнтів контролепригодності зрівнюємих ріжучих апаратів

Тип ріжучого апарата	Показник				Коефіцієнт контролепригодності
	$N_c^*$	$N_n$	$N_{\text{бп}}$	$N_p$	$K_k$
Базовий	13	1	1	11	0,08
Модернізований	50	1	47	0	1

\* $N_c$  – кількість ріжучих елементів, шт.,  $N_n$  – кількість ножів ріжучого апарата, шт.

# НУБІП України

## 4.2.2 Результати досліджень затрат часу і трудомісткості відновлення досліджуємих ріжучих апаратів

Для визначення показників ремонтпригодності ріжучого апарата з позиції його технологічності, справили відновлення досліджуємих ріжучих апаратів з п'ятикратною повторністю, виконуючи підрахунок часу на виконання кожної операції. Потім знайшли значення середнього часу відновлення і середньої працемісткості відновлення відмов сегментно-пальцевого ріжучого апарата і ріжучого елемента ріжучого апарата з системою контролю відмов, які занесли відповідно в таблиці 4.3 і 4.4 відповідно для базової конструкції ріжучого апарата з системою контролю відмов.

# НУБІП України

Отримавши значення трудомісткостей основних (осн.) і додаткових (дод.) робіт виходячи з виразу 2.8, знайшли коефіцієнт доступності для досліджуємих ріжучих апаратів: сегментно-пальцевого  $K_d = 0,297$  і з системою контролю відмов

# НУБІП України

$K_d = 0,529$ . Отримані значення показника доступності показали, що даний коефіцієнт для пропонуємої конструкції ріжучого апарата з системою контролю відмов значно вище, ніж для існуючого.

# НУБІП України

# НУБІП України

Таблиця 4.3

Фактичні затрати часу і працемісткість при заміні ріжучого елемента сегментно-пальцевого ріжучого апарата

Операція	Вид робіт	Середній час відновлення, год (хв)	Середня працемісткість відновлення, люд.г
1. Установка ножа в крайнє положення.	дод.	0,017(1)	0,017
2. Зняття з пальцевого бруса частин ріжучого апарата прилягаючого до сегмента: протиріжучий палець, притиск, регулювальні прокладки, пластину тертя	дод.	0,066(4)	0,066
3. Видалення заклепок і демонтаж замінюемого сегмента	осн.	0,033(2)	0,033
4. Установка на ножову пластину запасного сегмента	осн.	0,008(0,5)	0,008
5. Монтаж сегмента за допомогою пристосування для клепки сегментів і молотка	осн.	0,05(3)	0,05
6. Встановити на місце і закріпити: пластину тертя, регулювальні прокладки, притиск і протиріжучий палець	дод.	0,083(5)	0,083
7. Виконати регулювання ріжучого апарата	дод.	0,05(3)	0,05
Сумарне значення	-	0,307(18,5)	0,307
Сумарне значення по основним роботам	осн.	0,091(5,5)	0,091
Сумарне значення по додатковим роботам	дод.	0,216(13)	0,216

# НУБІП України

Таблиця 4.4

Фактичні затрати часу і працеемності заміни ріжучого елемента ріжучого апарата з системою контролю відмов

Операція	Вид робіт	Середній час відновлення, г (хв)	Середня трудомісткість відновлення, год-г
1. Підведення ріжучого елемента до місця демонтажа за допомогою обертання відомої зірочки ланцюгового контура ножа	дод.	0,017 (1)	0,017
2. Послаблення натягу ланцюгового контура ножа	дод.	0,017 (1)	0,017
3. Демонтаж пальцевого з'єднання сегмента	осн.	0,033 (2)	0,033
4. Встановлення запасного сегмента на ножові пластини	осн.	0,008 (0,5)	0,008
5. Закріплення сегмента за допомогою пальцевого з'єднання	осн.	0,033 (2)	0,033
6. Натяг ланцюгового контура ножа	дод.	0,033 (2)	0,033
Сумарне значення		0,141 (8,5)	0,141
Сумарне значення по основним роботам	осн.	0,075 (4,5)	0,075
Сумарне значення по додатковим роботам	дод.	0,066 (4)	0,066

Відсутність еталонних даних відносно монтажно-демонтажних робіт ріжучого апарата соргоприбирального комбайна дозволяє зробити припущення, що в цьому випадку значення коефіцієнтів легкозйомності для базового і нового варіанта конструкцій ріжучих апаратів будуть рівні.

З огляду того розгляд показників технологічності ріжучих апаратів з позиції ножа, коефіцієнт блочності буде рівний одиниці, так як число деталей в блоці і загальне число деталей співпадає. З огляду того, що при використанні ріжучого апарата може застосовуватися тільки один тип сегментів, приймаємо

НУБІП України

коefficient взаємозамінності для двох варіантів ріжучих апаратів, рівним одиниці.

Показник відновлюваності ріжучого апарата - середня трудоемність його встановлення, яку визначили експериментально. При цьому фіксувались продовжуваність заміни ріжучого елемента одним робочим.

Отримані дані представлені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5

Трудоемність встановлення ріжучого апарата з одним відмовившим сегментом, люд. год

Тип ріжучого апарата	$K_1^*$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$T_{cp}$
сегментно-пальцевий	0,31	0,301	0,311	0,307	0,305	0,308
з системою контролю відмов	0,147	0,134	0,143	0,138	0,141	0,141

\*  $T_1, T_2, i T_3$  - відповідно трудоемності відновлення ріжучого апарата в 1, 2 і 3 досліджах, люд. год;  $T_{cp}$  - середня трудоемність відновлення ріжучого апарата, люд. год.

Представлені в таблиці 4.5 результати досліджень показали, що середня трудоемність відновлення ріжучого апарата з системою контролю показів істотно (в 2,17 рази) менше, ніж сегментно-пальцевого.

За період досліджень було виявлено 17 відмов в живній частині соргоприбирального комбайна. Знаючи час відновлення базової і модернізованій конструкції ріжучого апарата  $K_{TH} = 0,738$ , а для ріжучого апарата з системою крнтролю відмов  $K_{TH} = 0,983$ .

Таким чином, враховуючи всі розглянуті показники технологічності, відмітимо, що ріжучий апарат з системою контролю відмов істотно перевершує серійний сегментно-пальцевий ріжучий апарат. Враховуючи цей факт, а також показники якості зрізу рослин зрівнюєними ріжучими апаратами, можна давати рекомендації по використанню в конструкції соргоприбирального комбайна ріжучий апарат з системою контролю відмов.

НУБІП України

# НУБІП України

## РОЗДІЛ 5. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

### ВИКОРИСТАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОГО РІЗУЧОГО АПАРАТА

## НУБІП України

### 5.1 Економічна ефективність використання різучого апарата модернізованої конструкції

Для розрахунку економічного ефекта необхідно співвіднести затрати на виготовлення базової і модернізованої конструкції різучих апаратів.

За вихідні дані для базової і модернізованої конструкції різучих апаратів. За вихідні дані для базового варіанта приймаються показники за рік, які передують розрахунковому. Абсолютна величина ефекта виражається в вартісній формі на весь об'єм введення в розрахунковому році.

Розрахунок економічного ефекта проводять за формулою:

$$E = [(C_{\text{доп.п.}} - E_n K_n) - (C_{\text{доп.б.}} - E_n K_b)] A_n, \quad (5.1)$$

де  $E$  - річний економічний ефект, грн;

$K_n$  і  $K_b$  - питомі (на одиниці роботи) капітальні вкладення в модернізовану і базову конструкції, грн;

$C_{\text{доп.п.}}$  і  $C_{\text{доп.б.}}$  - вартість додаткової продукції в модернізованій і базовій конструкції, грн;

$A_n$  - об'єм використання в розрахунковому році, шт;

$E_n$  - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень,

$$E_n = 0,15$$

## НУБІП України

### 5.2 Розрахунок вартості додаткової продукції

Вартість додаткової продукції  $C_{\text{доп.}}$ , отриманої з площі  $F_3$ , грн:

$$C_{\text{доп.}} = F_3 (C_{\text{зак.В}} - I_3), \quad (5.2)$$

# НУБІП України

де  $C_{\text{зак}}$  - середня закупівельна ціна сорго на силос, грн/т (для розрахунків приймаємо  $C_{\text{зак}} = 1000$  грн. т).

$V$  - валовий вихід додаткової продукції, т;

# НУБІП України

$I_{\text{з}}$  - експлуатаційні витрати на одиницю роботи.

Валовий вихід додаткової продукції при роботі ріжучого апарата та соргоприбирального комбайна можна представити в вигляді виразу:

$$V = Y(1 - \frac{H}{h}), \quad (5.3)$$

# НУБІП України

де  $h$  - висота рослини, м (для розрахунків приймаємо висоту рослин цукрового сорго  $h = 1,85$  м);

$H$  - висота зрізу, м (для базової конструкції 0,3 м, для модернізованої конструкції 0,2 м);

$Y_{\text{з.м}}$  - урожайність зеленої маси сахарного сорго, т/га (для розрахунку приймаю  $Y_{\text{з.м}} = 5$  т/га)

# НУБІП України

Експлуатаційні витрати на одиницю роботи, визначаються за наступною формулою, грн:

$$I_e = I_{\text{зп}} + I_a + I_{\text{тр}} + I_{\text{ГСМ}} \quad (5.4)$$

# НУБІП України

де  $I_{\text{зп}}$  - заробітна плата комбайнера за одиницю роботи, з нарахуваннями, грн.;

$I_a$  - амортизаційні відрахування на одиницю роботи, грн;

$I_{\text{тр}}$  - розходи на технічне обслуговування і поточний ремонт комбайна на одиницю роботи, грн.;

# НУБІП України

$I_{\text{ГСМ}}$  - затрати на паливо і змазочні матеріали, грн.

Складові формули (6.4) визначаються:

$$I_{\text{зп}} = \frac{C_{\text{г}} * K_{\text{доп}}}{W_{\text{год}}}, \quad (5.5)$$

де  $C_{\text{год}}$  - годинна ставка заробітної плати комбайнера, грн;

# НУБІП України

# НУБІП України

$K_{\text{доп}}$  - коефіцієнт, враховуючий додаткову оплату і нарахування (1,2..2,2; для розрахунків приймаємо середнє значення  $K_{\text{доп}} = 1,7$ ;

$W_{\text{год}}$  - продуктивність комбайна за годину змінного часу, га по даним  $W_{\text{год}} = 0,34$  год).

# НУБІП України

Годинна ставка заробітної плати комбайнера рівна, грн:

$$C_{\text{ч}} = \frac{C_{\text{дн}}}{T_{\text{см}}}, \quad (5.6)$$

де  $C_{\text{дн}}$  - денна ставка, грн;

$T_{\text{см}}$  - тривалість зміни ( $T_{\text{см}} = 7$  год.)

# НУБІП України

$$I_{\text{а}} = \frac{C_{\text{ком}} N_{\text{а}}}{100 W_{\text{сез}}}, \quad (5.7)$$

$$I_{\text{тр}} = \frac{C_{\text{ком}} N_{\text{р}}}{100 W_{\text{сез}}}, \quad (5.8)$$

$$I_{\text{ГСМ}} = \frac{N_e g_e h \tau_{\text{см}}}{W_{\text{Г}}}, \quad (5.9)$$

# НУБІП України

де  $C_{\text{ком}}$  - вартість соргоприбирального комбайна, грн. (для розрахунків приймаємо 621000 грн.);

$N_{\text{а}}$  - норма амортизаційних відрахувань, % (приймаємо  $N_{\text{а}} = 6\%$ );

$N_{\text{р}}$  - норма відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування, % (приймаємо  $N_{\text{р}} = 11,5\%$ );

# НУБІП України

$N_e$  - номінальна потужність двигуна, кВт (для двигуна Д-16,  $N_e = 13,4$  кВт);

$g_e$  - питома витрата палива, кг/кВт·год (для двигуна Д-16,  $g_e = 0,272$  кг/кВт·год);

$h$  - коефіцієнт використання потужності двигуна (для розрахунків приймаємо  $h = 0,8$ );

# НУБІП України

$\tau_{\text{см}}$  - комплексна ціна горючого, грн./кг (для розрахунків приймаємо  $\tau_{\text{см}} = 41,5$  грн.);

$\tau_{\text{см}}$  - коефіцієнт використання робочого часу зміни (для розрахунків приймаємо  $\tau_{\text{см}} = 0,5$ ).

# НУБІП України

# НУБІП України

## 5.3 Розрахунок питомих капіталовкладень

Розрахунок питомих капіталовкладень виробляли для двох конструкцій ріжучих апаратів: базової модернізованої попередньо прорахувавши вартість

Виготовлення ріжучого апарата з ножовим контуром і системи контролю відмов (табл. 5.1).

Марка обладнання	Вартість одного екземпляра, грн.	Базовий		Новий	
		Необхідна кількість на 100 га площі, шт.	Вартість всіх машин, грн.	Необхідна кількість на 100 га площі, шт.	Вартість всіх машин, грн.
Сегментно-пальцевий ріжучий апарат КЗНМ Т9.000	12600	1	12600	0	-
Ріжучий апарат з системою контролю відмов	32000	-	-	-	32000
Разом			12600		32000
В розрахунку на 1 га			126		320

Затрати на виготовлення ріжучого апарата з системою контролю відмов визначимо по формулі:

$$C_{i,pa} = C_k + C_{од} + C_{пд} + C_{сб.н.} + C_{оп,} \quad (5.10)$$

де  $C_k$  - вартість виготовлення корпусних деталей, рам, каркасів, грн;

$C_{од}$  - затрати на виготовлення оригінальних деталей (вали, втулки і т.п.) грн;

$C_{сб.н.}$  - заробітна плата виробничих робітників, зайнятих на збиранні конструкції, грн;

$C_{оп}$  - загальновиробничі витрати на виготовлення продукції, грн;

Вартість виготовлення корпусних деталей можна визначити за формулою:

$$C_k = Q_k C_{кд} \quad (5.11)$$

де  $Q_k$  - маса матеріалу, витраченого на виготовлення корпусних деталей, кг;

$C_{кд}$  - середня вартість 1 кг готових деталей, грн/кг.

# НУБІП України

# НУБІП України

Маса корпусних деталей розробленої конструкції ріжучого апарата із профільного проката  $Q_{\text{кд}}$  - середня вартість 1 кг готових деталей і їх масу, визначимо вартість корпусних деталей:

НУБІП України

$$C_{\text{к}} = 12 \times 9 + 20 \times 3 = 108 + 60 = 168 \text{ грн}$$

Для визначення затрати на виготовлення оригінальних деталей використаю формулу:

$$C_{\text{од}} = C_{\text{пр.н.}} + C_{\text{м1}}, \quad (5.12)$$

НУБІП України

де  $C_{\text{пр.н.}}$  - заробітна плата виробничих робочих, зайнятих на виготовленні оригінальних деталей, грн;  
 $C_{\text{м1}}$  - вартість матеріалу заготовок для виготовлення оригінальних деталей, грн;

НУБІП України

Розрахунок основної заробітної плати проводим по формулі:

$$C_{\text{пр}} = t_1 C_{\text{г}} k_{\text{т}}, \quad (5.13)$$

де  $t_1$  - середня трудоемність на виготовлення окремих оригінальних деталей люд.г;

$C_{\text{г}}$  - годинна ставка робочих, вираховується по середньому розряду, грн;

НУБІП України

$k_{\text{т}}$  - коефіцієнт, враховуючий доплати до основної роботи, рівний 1,025...1,03.

Для визначення повної заробітної плати використовують формулу:

$$C_{\text{пр1н1}} = C_{\text{пр1}} k_{\text{ен}}, \quad (5.14)$$

НУБІП України

де  $k_{\text{ен}}$  - коефіцієнт, враховуючий додаткову заробітну плату і нараховується по соцстрахуванню,  $k_{\text{ен}} = 1,65$ .

Визначення вартості матеріалу заготовок для виготовлення оригінальних деталей проводимо по формулі:

НУБІП України

$$C_{\text{м1}} = \Pi_1 Q_3, \quad (6.15)$$

де  $\Pi_1$  - ціна кілограму матеріалу заготовки, грн.

# НУБІП України

Q<sub>3</sub> - маса заготовки, кг.

Отримані результати розрахунків на виготовлення оригінальних деталей

заніс до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

## Визначення вартості оригінальних деталей

Деталь	t, люд.год.	С <sub>ч</sub> , год.	С <sub>пр1</sub> , грн.	С <sub>прін1</sub> , грн.	Q <sub>3</sub> , кг.	Ц <sub>1</sub> , грн.	См <sub>1</sub> , грн.	Кількість шт.	Сод, грн.
Ножовий контур									
Пластина	0,033	26.5	0,90	1,48	0,053	18,26	2,64	72	4,12
Вісь	0,067	26.5	1.82	3.00	0,026	25.56	1.76	48	4,76
Ролик	0,033	26,5	0,90	1,48	0,09	21,91	5,4	48	6,88
Відома і ведуча зірочки									
Диск	0,42	26.5	11,41	18.82	1,5	23,37	96	2	114.82
Зуб зйомний	0,42	26.5	11,41	18.82	0,63	23,37	40,4	16	59,17
Вал ведучої зірочки	0,33	26.5	8,96	14.79	0,3	21,91	18	1	32,79
Вал відомої зірочки	0,33	26,5	8,96	14.79	0,3	21,91	18	1	32,79
Пальцевий брус									
Брус	0,33	26.5	8,96	14.79	2,13	9,13	53,3	1	68,04
Направляючі ролики	0,033	26.5	0,90	1,48	0,09	21,91	5,4	8	6,88
1	2	3	6,15	10,15	6	7	8	9	18,15
Вісь	0,068	26.5	1.85	3,05	0,025	25.56	1.75	8	4,80
Направляючий короб	0,42	26.5	11,41	18.82	2,13	9,13	53,3	1	72,07
Очистний пристрій									
Вал шітки	0,33	26.5	8,96	14.79	0,16	21,91	8,4	1	23,19
Кронштейн	0,084	26.5	2,28	3,76	0,09	18,26	4,5	1	8,26
Рама									
Захисний кожух	0,42	26.5	11,41	18.82	1,94	23,37	125	1	143.62
Механізм переміщення відомої зірочки									
Основа	0,42	26.5	11,41	18.82	1,5	9,13	37,5	1	56,32
Важіль	0,33	26.5	8,96	14.79	0,24	21,91	14,5	1	29,29
Система контролю відмов									
Кронштейн	0,083	26,5	2,25	3,72	0,05	18,26	2,5	1	6,22
		$\Sigma =$	118,90					$\Sigma =$	692.19

# НУБІП України

Таблиця 5.3

## Визначення вартості куплених деталей

Найменування деталей	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Всього, грн
1	2	3	4
Ножовий контур			
Сегмент силосний Н066.05А	24	9.13	219,12
Гайка М6 ГОСТ 5915-70	88	0,3	26,4
Плоска шайба 6 мм ГОСТ 11371-78	88	0,21	18,48
Відома і ведуча зірочки			
Болт 8x45 мм ГОСТ 7798-70	32	3,32	106,24
Гайка М8 ГОСТ 5915-70	32	0,61	19,52
Плоска шайба 8 мм ГОСТ 11371-78	32	0,28	8,96
Гайка М16 ГОСТ 5915-70	2	4,09	8,18
Плоска шайба 16 мм	2	1,78	3,56
Підшипниковий вузол SBLF203 ISB	4	201,27	805,08
Болт 10x40 мм ГОСТ 7798-70	4	5,33	21,32
Гайка М10 ГОСТ 5915-70	4	1,28	5,12
Плоска шайба 10 мм ГОСТ 11371-78	4	0,47	1,88
Фланцева муфта ГОСТ 20761-96	1	248,88	248,88
Шпонка ГОСТ 23360-78	2	26,67	53,34
Гідромотор МГП-100	1	3313,65	3313,65
Пальцевий брус			
Протиріжуча пластина ГОСТ 158-75	18	5,33	95,94
Болт 6x30 мм ГОСТ 7798-70	36	2,43	87,48
Гайка М6 ГОСТ 5915-70	44	0,3	13,2
Плоска шайба 6 мм ГОСТ 11371-78	44	0,21	9,24
Очисний пристрій			
Щітка дискова	1	19,55	19,55
Підшипниковий вузол SBLF203 ISB	1	201,7	201,7
Шків ведучий	1	53,33	53,33
Шків відомий	1	53,33	53,33
Ремень клиновий	1	49,78	49,78
Рама			
Болт 6x16мм ГОСТ 7798-70	8	1,03	8,24
Гайка М6 ГОСТ 5915-70	8	0,3	2,4
Плоска шайба 6 мм ГОСТ 11371-78	8	0,21	1,68
Механізм переміщення відомої зірочки			
Шариково-гвинтова передача	1	604,42	604,42
Болт 6x16мм ГОСТ 7798-70	12	1,03	12,36
Плоска шайба 6 мм ГОСТ 11371-78	12	0,21	2,52
Лінійний підшипник	2	71,11	142,22
Направляючі	2	74,66	149,32
Опори	4	28,44	113,76
Система контролю відмов			
Блок контролю програмований	1	1777,71	1777,71
Модуль світлодіодний (контрольна	3	6,76	20,28
Індуктивний датчик PR12-4DN	1	348,08	348,08
Болт 6x16мм ГОСТ 7798-70	1	1,03	1,03
Гайка М6 ГОСТ 5915-70	1	0,3	0,3
Плоска шайба 6 мм ГОСТ 11371-78	1	0,21	0,21
			$\Sigma = 8627,81$

# НУБІП України

Для визначення основної зарплати виробничих робочих зайнятих на збиранні використовував формулу:

$$C_{сб} = T_{сб} C_{ч} K_m \quad (6.16)$$

де  $T_{сб}$  - нормативна трудомісткість на складання конструкції, люд.-г.  
 $T_{сб} = K_c \sum t_{сб}$ , (6.17)  
де  $K_c$  - коефіцієнт враховуючий співвідношення між повним і оперативним часом складання  $K_c = 1,08$ ;

$t_{сб}$  - трудоємність складання окремих частин конструкції, люд.-год.

Трудоємність складання при закручуванні болтового з'єднання складає  
 $t_{сб} = 1,08 \cdot 180 = 194,4$  хв. Трудоємність операцій при монтажі, облік яких не проводився, прийняли рівною  $t_{сб} = 180$  хв. Для визначення трудоємності складання сумували отримані значення:

$T_{сб} = 194,4 + 180 = 374,4$  хв = 6,24 г.  
Знаючи трудоємність складання, зарплата складає  $C_{сб} = 6,24 \cdot 26,5 \cdot 1,03 = 170,32$  грн.

Для визначення годинної тарифної ставки робочих зайнятих на складанні необхідно приймати значення, як для середнього розряду, яке рівне  $C_{ч} = 26,5$  грн.

Коефіцієнт доплати рівний  $K_t = 1,03$ .  
З врахуванням доплат повна заробітна плата складає  $C_{сб.м.} = C_{сб} \cdot K_{фн} = 170,32 \cdot 1,65 = 281,028$  грн.

Для визначення загальновиробничих накладних витрат при виготовленні конструкції, використав формулу:

$C'_{оп} = \frac{C'_{np} K_{он}}{100}$ , (6.18)  
де  $C'_{np}$  - основна зарплата виробничих робочих, які беруть участь в виготовленні конструкції, грн.

$$C'_{np} = C_{np} + C_{сб} = 118,9 + 170,32 = 289,22 \text{ грн.}$$

$C_{он} = 289,22 \cdot \frac{300}{100} = 867,662 \text{ грн}$

# НУБІП України

Для визначення затрат на виготовлення ріжучого апарата з системою контролю відмов використав формулу 6.10:

$$C_{i,p.} = 168 + 692,19 + 8627,81 + 170,32 + 867,66 = 10525,98 \text{ грн.}$$

Підставивши отримане значення вартості виготовлення ріжучого апарату системою контролю відмов в таблицю 6.1 отримали значення питомих капіталовкладень в базовому  $K_6 = 126 \text{ грн./га}$  і запропонованому  $K_H = 320 \text{ грн./га}$  варіантах конструкцій ріжучих апаратів соргоприбирального комбайна.

## 5.4 Визначення ефективності капіталовкладень

Термін окупності модернізованої конструкції  $T_{ок}$  рівний, років:

$$T_{ок} = \frac{C_{i,pa.}}{E}, \quad (5.19)$$

Результати розрахунків економічної ефективності і терміну окупності по представленим формулам занесли в таблицю 6.4.

Таблиця 5.4.

Показники оцінки економічної ефективності, використання модернізованої конструкції ріжучого апарата соргоприбирального комбайна

Показник	Умовне позначення	Значення
Експлуатаційні розходи на одиницю роботи, грн	$I_e$	297,36
Вартість додаткової продукції, грн. (модернізованої)	Сдоп.а	128835,9
Вартість додаткової продукції, грн. (базової)	Сдоп.б	119236,27
Річний економічний ефект, грн.	$E$	8565
Термін окупності, років	$T_{ок}$	1,33

# НУБІП України

## ВИСНОВКИ

1) Розроблена лабораторна установка для дослідження максимального відгину стебел сорго при зрізі, яка по конструктивним параметрам ріжучого апарата з системою контролю відмов.

2) Розроблена методика визначення роботоздатності системи контролю відмов.

3) Встановлені операції по заміні ріжучого елемента для базової і модернізованої конструкції ріжучих апаратів.

4) Розроблена послідовність етапів реалізації програм експериментальних досліджень. Визначені рівні варіювання найбільш значимих факторів.

Обґрунтована кратність дослідів, запропонована методика проведення багатфакторного експеримента і методика обробки експериментальних даних.

Таким чином, використання запропонованої конструкції ріжучого апарата з системою контролю відмов дає економічний ефект 24090 грн., при очікуваному терміні окупності 1,33 роки.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Трубилин, Е.И. Альтернативный режущий аппарат механических косилок [ручные косилки со шнековым рабочим органом] / Е.И. Трубилин, И.С. Труфляк, Е.В. Труфляк // Техника и оборуд. Для села. – 2013. - № 2 – С. 10-12.
2. Труфляк, Е.В. Оптимизация геометрических размеров и кинематических характеристик шнекового режущего аппарата / Е.В. Труфляк, И.С. Труфляк, Г.В. Разгонов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета – КубГАУ, Краснодар, 2008. - № 136. – С. 36-54.
3. Фаронов, А.С. Обзор конструкций режущих аппаратов / А.С. Фаронов, А.И. Ряднов // Наука и молодежь: новые идеи и решения. Материалы X международной научно-практической конференции молодых исследователей, г. Волгоград, 15-17 марта 2016 г. Часть III. – Волгоград, 2016. – С. 321 – 324.
4. Фаронов, А.С. Решение проблем режущих аппаратов / А.С. Фаронов // Материалы XXI региональной конференции молодых исследователей Волгоградской области. г. Волгоград, 8-11 ноября 2016 г. – Волгоград, 2017. – С. 72 – 74
5. Алилуев, В.А. Исследование вибраций основных механизмов двигателя СМД-14 и их влияние на дефектационные зоны блока / В.А. Алилуев, А.Е. Карпунцов // Л.: Записки ЛСХИ, Т149, вып. 3, 1970. - С. 15-23.
6. Алилуев, В.А. Техническое диагностирование тракторов и сложных уборочных машин на индустриальной основе: Автореф. дис. ... д-ра. тех. наук, Л. - П., 1983 - 447 с.
7. Артемов, М.Е., Справочник по ремонту зерноуборочной техники. / М.Е. Артемов // М. Россельхозиздат, 1986, с. 207 ил. и решения / Материалы XII Международной научно-практической конференции молодых исследователей, г. Волгоград, 14-16 марта 2018 г. Часть II. – Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2018. – С. 303 – 305.125

# НУБІП України

8. Бидеев, С.И. Разработка и обоснование параметров косилки с бесконечным носителем режущих элементов: Дисс. ...Канд. тех. Наук. – Владикавказ. – 2006. – 162 с.

# НУБІП України

9. Бойко, Т.В. Влияние привода режущего аппарата на производительность и качество работы жатвенной машины: Дисс. ... канд. тех. наук. - БГСХА, 1975.- 182 с. В.З. Бородский // М.: Наука, 1976- 220с.

10. Босой, Е.С. Режущие аппараты уборочных машин / Е.С. Босой // М.: Машиностроение, 1967. - 167 с.

# НУБІП України

11. Босой, Е.С. Уравновешивание сил и инерции в режущем аппарате косилки КС-10. / Е.С. Босой // Вопросы сельскохозяйственного машиностроения. Материалы республиканской научно-технической конференции. - Киев, Гостехиздат УССР, 1955. - 255-262 С.

12. Бурьянов, А.И. Навесная очесывающая жатка / А.И. Бурьянов, М.А.

Бурьянов // Сел. механизатор. -2011.- №1.-С. 8-9.

# НУБІП України

13. Василенко, И.Ф. Теория режущих аппаратов жатвенных машин / И.Ф. Василенко // Труды ВИСХОМ, М., 1937.

14. Веденяпин, Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. – М.: Колос, 1973. – 199с.

# НУБІП України

15. Верховский, А.В. Динамические явления, возникающие в механизме сенокосилки в случае внезапного защемления ножа. / А.В. Верховский, С.Н. Ярмоленко // Сельхозмашины, 1930, № 7. -15-23 С.

16. Викторov, В.Н. Исследование динамики и прочности ножа режущего аппарата уборочных машин: Автореф. Дис. канд. техн. наук. Ростов-на-Дону, 1982. - 19 с.126

# НУБІП України

17. Герасимов, Г.Г. Модернизированный агрегат для диагностики зерноуборочных комбайнов / Г.Г. Герасимов // Техника в сельском хозяйстве. - 1975. №2. - С. 58

18. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика /

В.Е. Гмурман // М.: Высшая школа, 1977. 479 с.

# НУБІП України

# НУБІП України

19. Горетый, А. В. Обоснование параметров функционирования мобильных звеньев при техническом обслуживании и ремонте зерноперерабатывающих машин и оборудования: на примере АПК Зерноградского района: Дисс. канд. тех.

наук. - Зерноград, 2006. - 169 с.

# НУБІП України

20. Горячкин, В. П. Собрание сочинений: В 3-х т. / В. П. Горячкин // М.: Колос, 1965. - 720 С.

21. Горячкин, В. П. Теория жатвенных машин / В. П. Горячкин // М.: Сортамент.

# НУБІП України

22. ГОСТ 158-74 Сегменты, пластины противорежущие и полосы ножевые режущих аппаратов сельскохозяйственных машин. Технические условия (с Изменениями N 1-6)

23. ГОСТ 18322-2016 Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения

# НУБІП України

24. ГОСТ 19777-74 Пальцы режущих аппаратов сельскохозяйственных машин. Технические условия

25. ГОСТ 2.105-95 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Общие требования к текстовым документам (с Изменением N 1, с Поправками)

# НУБІП України

26. ГОСТ 21623-76 Система технического обслуживания и ремонта техники. Показатели для оценки ремонтпригодности. Термины и определения

27. ГОСТ 26656-85 Техническая диагностика. Контролепригодность. Общие требования 127

28. ГОСТ 27.002 – 2015. Надежность в технике. Термины и определения. Введ. 01.03.2017. М.: Стандартинформ, 2016. 24 с.

# НУБІП України

29. ГОСТ 2839-80. Ключи гаечные с открытым зевом двусторонние. Конструкция и размеры (с Изменениями N 1, 2)

30. ГОСТ 2906-80 (СТ СЭВ 1292-84) Ключи гаечные кольцевые двусторонние коленчатые. Конструкция и размеры (с Изменением N 1)

# НУБІП України

31. ГОСТ 591-69 Звездочки к приводным роликовым и втулочным цепям. Методы расчета и построения профиля зуба и инструмента. Допуски

# НУБІП України

32. ГОСТ Р 7.0.11-2011 СИБИД. Диссертация и автореферат диссертации.

Структура и правила оформления

33. Гутьяр, Е.М. К теории резания стеблей / Е.М. Гутьяр //

«Сельхозмашина», 1931, №7.-12-13 С.

34. Добровольский, В.А. Расчет деталей машин / В.А. Добровольский //

Киев, 1961.

35. Ерохин, Г. Н. Оценка уровня надежности работы зерноуборочных

комбайнов в сельхозпредприятии / Г.Н. Ерохин, А.С.Решетов // Техника в

сельском хозяйстве. – 2012. – №6. – С.107-12.128

36. Желиговский, В.А. Экспериментальная теория резания лезвием / В.А.

Желиговский // Труды Московского института механизации и электрификации

сельского хозяйства- М., 1941. - 27 с.

37. Жук, Е. А. Зависимость качества сырья веничного сорго от густоты

стояния растений / Е. А. Жук // Агро XXI. – 2008. - № 10-12. – С. 44-45.

38. Зябиров, И.М. Дистанционный контроль параметров технического

состояния рабочих агрегатов зерноуборочных комбайнов / И.М. Зябиров, В.А.

Мачнев, А.И. Зябиров // Нива Поволжья. – 2016. - № 4 (41). – С. 75-79.

39. Кавалевский, В.Ф.Справочник по гидроприводам горных машин /

В.Ф. Кавалевский, Н.Т. Железняков, Ю.Е. Бейлин // М. Недра, 1973. – 504 с.

40. Карпенко, А.Н. Некоторые данные экспериментального исследования

режущего аппарата уборочных машин / А.Н. Карпенко // Сельхозмашины, 1934,

№16. 12-14 С.

41. Киртбая, Ю.К. Организация использования машинно-тракторного

парка / Ю.К. Киртбая // М.: Колос, 1974. - 288 с.

42. Ковтунов, В.В. Посевная площадь и урожайность сорго зернового /

43. В.В. Ковтунов // Зерновое хозяйство России. Издательство: Аграрный

научный центр "Донской" (Зерноград). – 2018. - № 3 (57). – С. 47-49.

44. Королькова, Л.И. Расчет среднего числа отказов элементов

сельскохозяйственной техники с учетом возрастного состава парка машин/ Л.И.

# НУБІП України

45. Косилка ротационная навесная КРН-2,1А. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. - М. 1988. - 58с.

46. Краморенко, Л.П. Уборочные машины (теория, конструкция и расчет) /Л.П. Краморенко // Харьков - Киев: Государственное научно-техническое изд. Украины, 1935.-215 с.

47. Красниченко, А.В. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин в двух томах / А.В. Красниченко // Москва: 1961. - 862 с.

48. Кривошеев, В.К. Повышение скорости жатвенных агрегатов. / В.К. Кривошеев, А.Н. Фомин // Тракторы и сельхозмашины, 1963, № 9. - 25-28 С.

49. Крупин, А.Е. Продление ресурса режущих аппаратов уборочных машин / А.Е. Крупин, А.В. Колпаков // Сел. механизатор. – 2013. - № 4. – С. 36-

50. Халанский, В.М. Сельскохозяйственные машины: учебное пособие /В.М. Халанский, И. В. Горбачев // М.: КолосС, 2004. - 624 с.: ил.

51. Хинчин, А.Я. Работы по математической теории массового обслуживания /А.Я. Хинчин // 2-е изд., стер. М.: Едиториал, УРСС , 2004. - 235 с.

52. Чечуров, Е.Ф. Диагностирование комбайнов «Дон» / Е.Ф. Чечуров // Техника в сельском хозяйстве. -1987. - №6 - С.35-37

53. Шарипов, Р.В. Совершенствование технологии и технических средств уборки сорго веничного: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.03 // Шарипов Ренат Вильевич. – Волгоград., 2004. – 166 с.

54. Шатилов, К.В. Кукурузоуборочные машины- 2 изд. перераб./ К.В. Шатилов, Б.Д. Козачок, А.П. Орехов // М: Машиностроение, 1981. – 224 с.

55. Ряднов, А.И. Результаты исследований работы режущего аппарата соргоуборочного комбайна / А.И. Ряднов, А.С. Фаронов // Актуальные направления научных исследований в АПК: от теории к практике: материалы Национальной научно-практической конференции. 2017 – Волгоград, 2017.

Часть 2. – С. 18 – 23

# НУБІП України

56. Мельник В. І., Рубанка А. В. Виробництво і експорт продукції з конопляних культур: Збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 114-ї річниці від дня народження

# НУБІП України

д.т.н., проф., члена-кор. ВАСІНУІ, віце-президента УАСГН Крамарова В.С. (1906-1987) 25-26 лют. 2021 р., м. Київ / МОН України, НУБІП України. К.: Видавничий центр НУБІП України, 2021. С.98-99.

57. Ерохин, Г. Н. Оценка уровня надежности работы зерноуборочных комбайнов в сельхозпредприятии / Г.Н. Ерохин, А.С.Решетов // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – №6. – С.10-12.

# НУБІП України

58. Макаренко, Д.И. Повышение надежности сегментно-пальцевого режущего аппарата уборочных машин [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. тех. наук (05.20.03) / Макаренко Дмитрий Иванович ФГБОУ ВПО СтГАУ - Зерноград, 2013. – 19 с.

# НУБІП України

59. Лебедев, А.Т. Влияние интенсивности изнашивания рабочих поверхностей лезвия сегментов режущего аппарата на их ресурс / А.Т. Лебедев, Д.И. Макаренко, Р.А. Магомедов, А.В. Захарин, П.А. Лебедев, М.А. Кобозев // Научные труды SWORLD 2013: - Иваново; издатель – ООО «Научный мир» - №2 (10), С. 89-92.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України