

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра агроінжинірингу

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри

Шуляк М.Л.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему: «Дослідження механіко-технологічних властивостей стебел
сільськогосподарських культур з метою удосконалення ріжучого робочого
органу»

Виконав:

(підпис)

Костиленко О.О.

(Прізвище, ініціали)

Група:

СТЗ 2301-1м

(Науковий) керівник:

(підпис)

Харченко Ф.М.

(Прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра агроінжинірингу

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 208 Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

агроінжинірингу

_____ Шуляк М.Л.

“ ____ ” _____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

_____ Костиленка Олександра Олексійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження механіко-технологічних властивостей стебел сільськогосподарських культур з метою удосконалення ріжучого робочого органу»

керівник роботи: _____ Харченко Фаріду Магомедівну, к.т.н., доцента _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ ____ ” _____ 202_ року
№ _____

2. Строк подання здобувачем роботи: “ ____ ” _____ 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи: довідникова література; посібники; наукові журнали з даної тематики; статті з наукових збірників; монографії, тощо за темою наукового дослідження; Інтернет джерела; методичні рекомендації для виконання проекту (роботи).

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Вступ. Розділ 1. Вивчення механіко-технологічних властивостей сільськогосподарських матеріалів. Розділ 2. Аналіз досліджень з вивчення механіко-технологічних властивостей стебел. Розділ 3. Дослідження властивостей стебел культур. Розділ 4. Охорона праці. Розділ 5. Економічне обґрунтування. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

Презентація у Microsoft Office Power Point (слайд-презентація).

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: “ ____ ” _____ 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1	Збір інформації		
2	Аналіз літературних джерел з обраної тематики		
3	Складання плану роботи		
4	Написання вступу		
5	Написання 1 розділу		
6	Написання 2 розділу		
7	Написання 3 розділу		
8	Написання 4 розділу «Охорона праці»		
9	Написання 5 розділу «Економічне обґрунтування»		
10	Написання висновків		
11	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету		
12	Подання роботи на рецензування		
13	Подання роботи до попереднього захисту		

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Костиленко О.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Харченко Ф.М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна (магістерська) робота складається з пояснювальної записки на **45** сторінках друкованого тексту (шрифт Times New Roman), **15** рисунків, 6 таблиць, **12** літературних джерел та слайди презентації Microsoft Power Point.

Метою даної роботи є дослідження механіко-технологічних властивостей стебел сільськогосподарських культур з метою удосконалення ріжучого апарату жаток чи косарок.

Об'єктом даної роботи є стебла сільськогосподарської культур що підлягають процесу перерізанню.

Предметом дослідження даної роботи є виявлення впливу механіко-технологічних властивостей стебел рослин на робочі органи, сегментно-пальцевого типу.

Проведенні дослідження механіко-технологічних властивостей стебел кукурудзи та соняшнику. Запропоновано удосконалення приладу для визначення механіко-технологічних властивостей стебел сільськогосподарських культур, який буде використовуватись для розробки і вдосконалення робочих органів сільськогосподарських культур.

СТЕБЛО, КУЛЬТУРА, АБСОЛЮТНА ТА ВІДНОСНА ВОЛОГІСТЬ, РОСЛИНА, РІЗАЛЬНИЙ АПАРАТ, ЗРІЗ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РОБОТА РІЗАННЯ, СУШИЛЬНА ШАФА, СТЕБЕЛ КУКУРУДЗИ ТА СОНЯШНИКУ, МІЖВУЗЛЯ, РОСЛИННА МАСА.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ВИВЧЕННЯ МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ.....	8
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИВЧЕННЯ МЕХАНІКО- ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТЕБЕЛ.....	10
2.1. Аналіз досліджень властивостей стебел.....	10
2.2. Види ріжучих апаратів.....	13
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТЕБЕЛ КУЛЬТУР.....	18
3.1. Пристрої для проведення досліджень.....	18
3.2. Тарування пружин приладу.....	23
3.3. Визначення вологості стебел кукурудзи та соняшнику.....	27
3.4. Визначення механічних характеристик стебел при перерізанні.....	28
3.5. Визначення механічних характеристик при згинанні стебел.....	33
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	37
4.1. Інструкція з охорони праці під час виконання лабораторно- практичних робіт.....	37
4.2. Інструкція з охорони праці під час роботи за комп'ютером.....	38
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	40
ВИСНОВКИ.....	42
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	44
ДОДАТКИ.....	47

ВСТУП

Життєвий досвід розвитку будь-якого виробництва засвідчує, що найкращій реалізації кожного процесу сприяють: знання властивостей об'єктів обробки; конкретизація вимог до виду і стану продукту, який одержують у результаті обробки; розуміння суті технологічного процесу, який потрібно організувати відповідно до специфічних властивостей об'єкта обробки.

Скошування рослинної маси є енергоємною операцією технологічного процесу заготівлі сухих кормів чи кормів на основі зеленої маси. Підвищення продуктивності косарок скоротить терміни збирання врожаю зі збільшенням об'єму, причому шляхами забезпечення зростання є збільшення ширини захвату або підвищення поступальної швидкості агрегату з одночасним збільшенням відносної швидкості різання. Для косарок підпорного різання, як найбільш поширених та, порівняно з ротаційними, менш енергоємних, підвищення відносної швидкості руху різального апарата призводить до значного зростання величин інерційних зусиль в елементах привода машин вказаного типу.

У розробленні машин для скошування і подрібнення стебел рослин найголовнішою вихідною величиною, яка використовується для визначення енергоємності машини та розрахунку міцності її деталей і вузлів, є енергоємність перерізування стебла рослини.

Тому робота зі створення таких машин розпочинається з визначення енергоємностей перерізування стебел рослин, які передбачається скошувати чи подрібнювати майбутньою машиною.

Вивчення механічних властивостей стебла кукурудзи при різанні є необхідним елементом при проектуванні багатьох машин.

Визначити такі важливі характеристики, як зусилля і робота різання неможливо без знання фізики явищ, що виникають під час перерізування стебла, чіткої картини деформації та руйнування стебла лезом.

В даний час, вивченим залишається достатньо мале коло питань, які пов'язані з процесом різання і майже всі математичні моделі, що використовуються є недостатньо точними, в зв'язку із великим числом змінних величин.

Тому завдання роботи є проведення аналізу параметрів різального апарату з можливістю подальшого його удосконалення для забезпечення максимально ефективної роботи.

РОЗДІЛ 1.

ВИВЧЕННЯ МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ

Чудовим прикладом дослідження та розвитку наукових ідей є вивчення механічних властивостей окремих частин рослин, які розвиваються через взаємодію теорії та практики, а також науки і техніки. Дані дослідження виконувалися ще в давнину, але кожен автор роз'яснював по різному, залежно від рівня розвитку науки та інженерних знань свого часу.

Незалежно від рівня практичного ознайомлення людини з будовою рослин, всі ці знання завжди сприяли новому поштовху до прогресу техніки. Такі дослідження ставали основою створення науки про механіку матеріалів. Основні положення даної науки виникли саме під час вивчення механічних та інших властивостей рослин.

Значний внесок у вивченні фізико-механічних властивостях зробив Галілео Галілей. Він розглядав питання властивостей в плані інженерної конструкції. В 1638 році вчений висловив гіпотезу про напівтрубчасту конструкцію що є ефективною для брусів які працюють на згин. Також він зазначив, що при збільшенні розмірів тіл порушується їх геометрична подібність.

Вчений вважав, що будь які споруди створені людиною, являються менш надійні в своїй міцності зі збільшення розмірів, навіть якщо зберігаються всі геометричні подібності та використовуються ті ж матеріали. Брав за приклад водні організми які можуть досягати значно великих розмірів, але вони піддаються меншому впливу сили тяжіння, ніж ті тварини які живуть в повітряному просторі. Вчення Галілео Галілея про ефективність порожнистих конструкцій залишаються актуальними і сьогодні.

Цікаві висновки здобув Ж.Сенеб'є, зі своїх спостережень зазначив, що місця з'єднання вертикальних стовбурів з кореневою системою та місця кріплення гілок є особливо масивними, оскільки ці частини рослин зазнають найбільших навантажень. Щодо трав'янистих рослин, він підкреслив важливість порожнинно-трубчастих конструкцій стебел, що дає рослинам більшу міцність.

С. Швенденер досліджуючи тему склеренхімних волокон при розтязі, зробив наступні висновки щодо механічних властивостей клітинних стінок у живих та свіжих рослинах: напруження при межі пружності цих волокон не нижче ніж у кованиго заліза, а в кращих випадках — навіть ніж у сталі; вони мають більший розтяг у порівнянні з металами; мають незначну різницю між межами міцності та пружності.

Якщо розглянути рослину як складну споруду та проводячи глибоку аналогію між конструкцією із залізобетону та рослиною, він спостерігає взаємозв'язок всіх тканин рослини. Лише тоді починають руйнуватися тканини рослин, коли руйнуються арматурні тканини, що не спостерігається в залізобетонних балках. Внаслідок такі головні етапи розвитку про міцність рослини, не знайшли широкого використання в практиці. Пояснюючи це тим, що дослідження використовувалися об'єкти, які були цікаві з ботанічної точки зору, але не мали господарського значення.

Наступний етап у вивченні фізико-механічних властивостей рослин відноситься до завдань які пов'язані з розробкою та використання сільськогосподарських машин. Поява даних досліджень була зумовлена швидким впровадженням машинної індустрії в сільськогосподарському виробництві. Через силу специфічних особливостей цього виробництва виникла потреба у встановленні зв'язку між фізико-механічними властивостями рослин та конкретними конструкціями сільськогосподарських машин і їх експлуатацією.

РОЗДІЛ 2.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИВЧЕННЯ МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТЕБЕЛ

2.1. Аналіз досліджень властивостей стебел

Механіко-технологічні властивості стебел досліджують багато різних вчених. С.Швендер зробив значний внесок у розвиток науки, провівши аналогію між інженерними конструкціями та стеблами рослин. Науковець В.Ф. Раздорський у 20 столітті зміг порівняти залізобетонну споруду з стеблом рослини. Про закономірності розподілу розмірів стебел досліджували Є. Шапіро та І. Ф. Василенко. Вони зосереджувалися на вивченні міцності зв'язків зерна в колосі та опору стебел при зрізанні.

Вчений В.П. Горчакін заклав теоретичні основи сільськогосподарських машин, дані роботи ніколи не були за кордоном, і їх виробництво було другорядною галуззю промисловості. Наука про сільськогосподарські машини в той час не мала важливого зв'язку з агрономією і біологією. В 1913 році В.П. Горчакін писав в своїй доповіді, що сільськогосподарське машинобудування, будучи в руках практиків, не має наукового підґрунтя. До цього моменту ніколи не існувало жодної книги, ні на якій іноземній мові, яка б досліджувала конструктивні форми та розрахунки сільськогосподарських машин і знарядь. Загальний рівень сільськогосподарського машинобудування залишається дуже низьким і викликає сумне враження.

В.П. Горчакін докладав багато зусиль для того, щоб агрономи усвідомили важливість розуміння ролі механізації в сільськогосподарському виробництві.

Вчений у 1925 році домогся створення кафедри механічної сільськогосподарської технології при Тимірязєвській академії, передбачивши значний розвиток сільськогосподарського машинобудування.

На цій кафедрі він започаткував вивчення фізико-механічних властивостей стебел рослин, зерна, коренеплодів, а також ґрунтів і добрив. До цього ці властивості не були детально вивчені у контексті сільськогосподарських машин і знарядь, а результати досліджень були суперечні та не систематизовані.

Горячкін В.П. заслуговує на визнання за те, що він організовував планомірну та систематичну роботу з вивчення фізико-механічних властивостей рослин, а також ґрунтів і добрив. Він заклав міцні основи цієї головної галузі знань, яка необхідна не тільки агрономам, а ще й іншим фахівцям, що займаються експлуатацією сільськогосподарських машин, а також конструкторам які їх створюють. У своїх численних працях В.П. Горячкін закликав до створення сучасної науки про фізико-механічні властивості сільськогосподарських рослин, розробки нової апаратури для їх досліджень, а також удосконалення та розробка нових методик, спрямовані на визначення об'єктивних показників механічних властивостей сільськогосподарських матеріалів.

У 1928 році за ініціативою вченого В.П. Горячкіна був заснований один з перших у світі Всесоюзний науково-дослідний інститут землеробської механіки. Потім його перетворили у Всесоюзний науково-дослідний інститут сільськогосподарського машинобудування, де у 1934 році була створена агрофізична лабораторія. Основним завданням даної лабораторії було створення єдиної методики для випробувань та вивчення фізико-механічних властивостей сільськогосподарських рослин, ґрунтів і добрив.

Протягом багатьох років роботи цієї лабораторії були отримані дані про фізико-механічні властивості льону, коноплі, зернових культур, картоплі та інших рослин. Ці дані стали основою для проектування зернозбиральних комбайнів та інших сільськогосподарських машин. За отриманими результатами були розроблені теорії різних технологічних процесів, що значно сприяли створенню більш вдосконалених конструкцій машин.

В.А. Желіговський у 1941 році розробив основи різання ковзанням, що стало важливим внеском у дослідженні процесу різання стебел рослин. Роботи Раєва Б. Г (1961), Фоміна В. І. (1962) та Константинова В. А. (1964) були присвячені дослідженню процесу різання при високих швидкостях, зокрема ротаційними ріжучими апаратами.

Дослідження ріжучих апаратів для зрізу товстостеблих культур проводили Носов В. А., Новіков Ю. Ф., лабораторія кукурудзозбиральних машин ВІСГОМа, а також Сабліков В. В., Босой Є. С., Рєзнік Н. Є. та Рустамов С. І.

У практикумі з механіко-технологічних властивостей сільськогосподарських матеріалів, під авторством Яцун С.С., Царенко О.М., Войтюк В.Г., Довжик М.Я., Саржанов О.А. Швайко В.М., виконувалися лабораторні роботи для визначення головних механічних характеристик сільськогосподарських рослин, а саме:

1. розтягання (визначення абсолютного та відносного подовження зразків рослин, напруження за ступенями та тимчасового напруження, а також модуля пропорційності);
2. стискання (визначення абсолютних і відносних зразків стебел, напружень та міцності);
3. перерізання (визначення середнього і максимального зусилля та питомої роботи різання стебел).

Основні закономірності роботи машини залежать від стану і матеріалу який підлягає обробці, що висвітлюється в методах та сутності інженерного розрахунку технологічних процесів

У розроблених програмах та методиках експериментальних і теоретичних досліджень були отримані результати характеристик і числових значень механіко-технологічних властивостей (МТВ) стебел культур, як пшениця, жито, ячмінь та інші. Ключовою передумовою для розробки робочих органів машин є отримані результати. Завдяки цьому підходу можна визначити раціональні та оптимальні параметри робочих органів

сільськогосподарських машин, що сприяє ефективному та якісному формуванню проектних компетентностей.

У статті “Результати дослідження механіко-технологічних властивостей стебел вівса” авторами яких є Бакум М.В., Кириченко О.В. були представлені результати досліджень стебел вівса після зрізання та зимового зберігання у валках на полі.

Стебла мають конструкцію, що складаються з циліндричної або овальної основної тканини, яка зміцнена провідними пучками і покрита щільною тканиною. Різноманітність стебел зумовлена розподілом провідних пучків у тканині. Однодольні стебла рослин мають структуру, що включає основну тканину, шкірку та механічну периферійну тканину. Частини стебел злаків з’єднані між собою вузлами вздовж їхньої довжини. Вузли є місцевими стовщеннями стебла, де зменшується порожниста частина. Вони утворюють поперечні перегородки, які розташовані на певній відстані одна від одної, відповідно будова стебел підвищує їхню міцність на згин. Діаметр і товщина стінки у верхній частині стебла зменшується, але біля колоска вони знову збільшується.

2.2. Види ріжучих апаратів

Різальні апарати призначені для зрізання рослинної маси з кореня, тоді як подрібнювальні апарати використовуються для розрізання рослинної маси на частини.

Дані апарати встановлюються на косарки для скошування трав, валкові жатки і зернозбиральні комбайни для зрізання зернових культур. Для заготівлі зеленого корму використовують жатки кукурудзозбиральних комбайнів, а також косарки-подрібнювачі. Крім того, ці апарати повинні виконувати чистий зріз рослин без розривів і зминання, а ще запобігти висковзуванню і затягуванню рослин під ножі.

Основним принципом роботи різальних апаратів є: безпідпирний і підпирний зріз ().



Ротаційні апарати, що працюють за принципом безпідпiрного зрізу, використовують ножі як робочі елементи, які виконують обертальний рух (рис. 2.1). Для високоякісного зрізу рослин необхідна колова швидкості руху різальних елементів у межах 50-60 м/с, це дозволяє зменшити опір зрізуванню завдяки пружності стебла біля коріння.

Апарати безпідпiрного рiзання мають просту будову ,але є надійними в роботі. Однак вони мають кілька недоліків: високі енергозатрати на одиницю площі, подрібнення стебел під час зрізу , а також значну металоємність косарок.

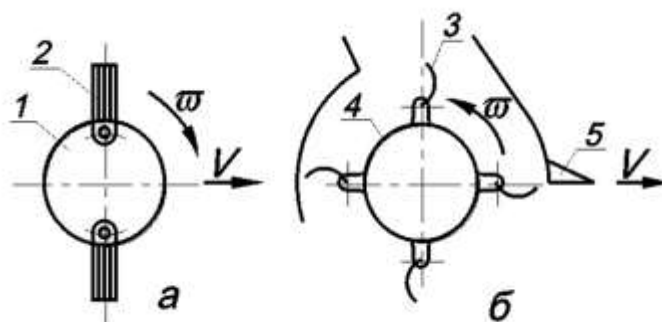


Рис. 2.1. Схема різальних апаратів безпідпiрного зрізування

а – ротаційно-дисковий; б – ротаційно-барабанний:

1 – диск; 2 і 3 – ножі; 4 – барабан; 5 – щит

Косарки-подрібнювачі є універсальними машини з високою надійністю технологічного процесу. Їх основною перевагою є наявність одного робочого органу - ротора з ножами, який забезпечує зрізання рослинної маси. Однак, до недоліків цих косарок належать нерівномірний зріз та збільшення втрат урожаю під час збирання довгостеблових культур.

Принцип підпірного зрізування використовується в роботі сегментно-пальцевих різальних апаратів та без пальцевих (двоножових), як показано на рис. 2.2.

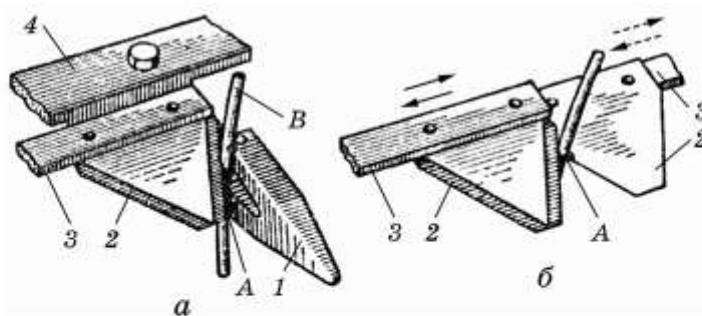


Рис. 2.2. Різальні апарати підпірного зрізування

а – сегментно-пальцевий; б – без пальцевий;

1 – палець; 2 – сегмент; 3 – спинка ножа; 4 – пальцевий брус

Принцип роботи полягає в тому що сегмент підводить рослину до протирізальної пластини, затискає її між елементами та зрізає. Щоб підвищити надійність зрізу та знизити ризик прогину, потрібно щоб під час зрізу стебло опиралося на протирізальну пластину та пероподібний відросток. Швидкість зрізу рослини в сегментно-пальцевому різальному апараті досягає 1,5 – 3 м/с. Використовують такі апарати в косарках і жниварках.

Сегментно-пальцеві різальні апарати мають кілька типів, що відрізняються кінематичними та геометричними параметрами (рис. 2.3), основні з них включають:

t - крок різальної частини, тобто відстань між осьовими лініями пальців;

t_0 -крок протирізальної частини, що також є відстанню між осьовими лініями пальців;

S- хід ножа, який визначає переміщення ножа з одного положення в інше.

Існують такі типи різальних апаратів- нормального різання з одинарним пробігом ножа, нормального різання з подвійним пробігом ножа, низького різання та апарат середнього різання.

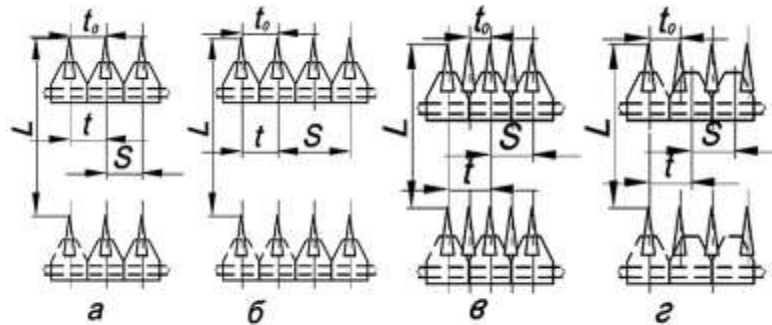


Рис. 2.3. Типи сегментно-пальцевих різальних апаратів

- а – нормального різання з одинарним пробігом ножа;
- б – нормального різання з подвійним пробігом ножа; в – низького різання;
- г – середнього різання

Конструкція різального апарата сегментно-пальцевого типу показано на рис. 2.4.

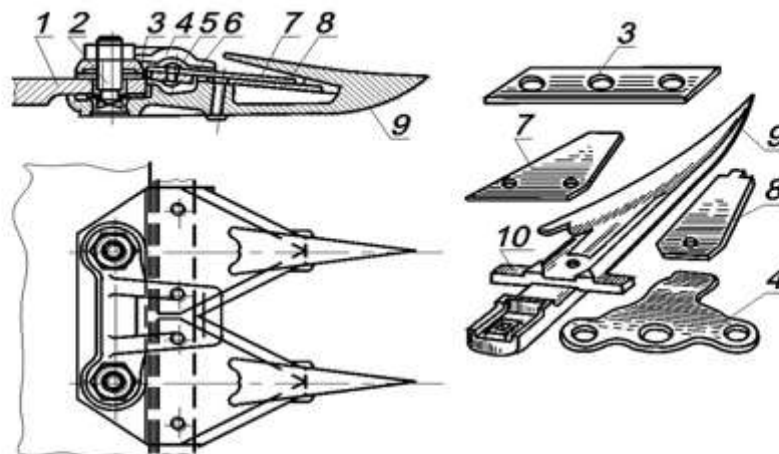


Рис. 2.4. Сегментно-пальцевий різальний апарат

- 1 – пальцевий брус; 2 – болт; 3 – пластина тертя; 4 – притискна ланка;
- 5 – заклепка; 6 – спинка ножа; 7 – сегмент; 8 – протиризальна пластина;
- 9 – палець; 10 – підпори

Вплив на затиснення і різання стебла має загостреність леза, кут заточення сегментів, а ще стійкість до зношування леза. Щоб різальна здатність сегмента була більша, необхідно зробити кут заточування менший (19-25°), а гостроту леза більшу (25 – 30 мкм).

РОЗДІЛ 3.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТЕБЕЛ КУЛЬТУР.

3.1. Пристрої для проведення досліджень

Дослідження виконувалися за допомогою пристроїв, які вимірюють опір стебел рослин до перерізання.

Принцип роботи маятникового копра зображено на (рис. 3.1). Підвішений маятник, вага (G) якого перебуває на горизонтальній осі (O) на відстані (r) від центра ваги маятника. Ухиляючись від вертикалі на кут (β_0), маятник матиме потенційну енергію (A), яка пропорційна висоті підйому (h) та вазі маятника (G). Отже, $A = G \cdot h$. Якщо на шляху A_0A_1 прикріпити зразок, наприклад у точці (E), то при відпусканні маятника, він у момент удару деформує зразок, використавши на даний процес весь запас енергії або більшу частину $G \cdot h$.

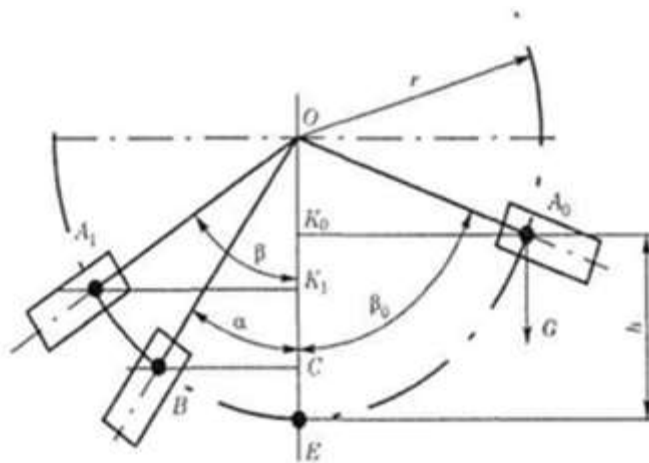


Рис. 3.1 – Схема маятникового копра

Конструкція маятникового копра, заснована на цьому принципі, дозволяє точно визначати кількість витраченої енергії, що знаходиться в межах $G \cdot h$. Падіння маятникового копра має можливість здійснюватися без прикріпленого на опорі зразка. У такому випадку, після переміщення точки (E), він знову підніметься на висоту (h), використовуючи постійну

потенційну енергію $G \cdot h$. Однак цей процес можливий лише за ідеальних умов, без тертя та других раптових опорів. Фактично цей маятник підніметься на висоту яка буде меншою у положенні OA_1 , а саме нижче за початкову величину K_0K_1 . Робота маятника витрачена на подолання негативних опорів, а саме холостий хід (A_x):

$$A_x = GK_0K_1 = G(OK_1 - OK_0) \quad (3.1)$$

Виразивши відрізки OK_1 і OK_0 через функції β і β_0 , тоді отримаємо наступне:

$$A_x = Gr(\cos\beta - \cos\beta_0) \quad (3.2)$$

Розмістивши зразок під падаючий маятник, можна побачити, як він виконує роботу (A_x) та роботу з деформації зразка, піднімаючись на кут α . До того ж, точка B розташована значно нижче, ніж точка A_1 , оскільки маятник цього разу подолає не тільки шкідливі, але й корисні опори, витративши більшу енергію на величину відрізка K_1C . З трикутників OA_0K_0 і OBC випливає, що $K_1C = OC - OK_1$. В даному випадку робота (A) витрачена на здолаття шкідливих і корисних опорів, дорівнює:

$$A = GK_1C = Gr(\cos\alpha - \cos\beta_0) \quad (3.3)$$

Отже, корисна робота, витрачена на деформацію зразка, буде становити:

$$A_k = A - A_x = G \cdot r \cdot (\cos\alpha - \cos\beta) \quad (3.4)$$

Для обчислення роботи деформації потрібно знати вагу маятника (G), відстань (r) від осі підвищення до центру ваги, а також кути підйому маятника після холостого ходу (β) та робочого (α).

Маятникові копри можуть мати постійні або змінні енергії, залежно від ваги маятників.

Для визначення механічних властивостей стебел сільськогосподарських рослин на кафедрі «Сільськогосподарських машин» ХНТУСГ ім. Василенка П. розробили прилад, який дозволяє вимірювати навантаження на стебло під час згинання, ступінь його прогину та зусилля, необхідне для перерізання стебла [5].

На даних приладах можна проводити дослідження пружних властивостей стебел. Стебла 14 розміщуються на опорах 8, за допомогою рукоятки 12 натискного механізму деформатор 6 опускається до контакту зі стеблом. У цьому положенні записуються дані шкали 7 положень деформатора 6 та шкали 9 силового механізму, після чого вмикається відеокамера.

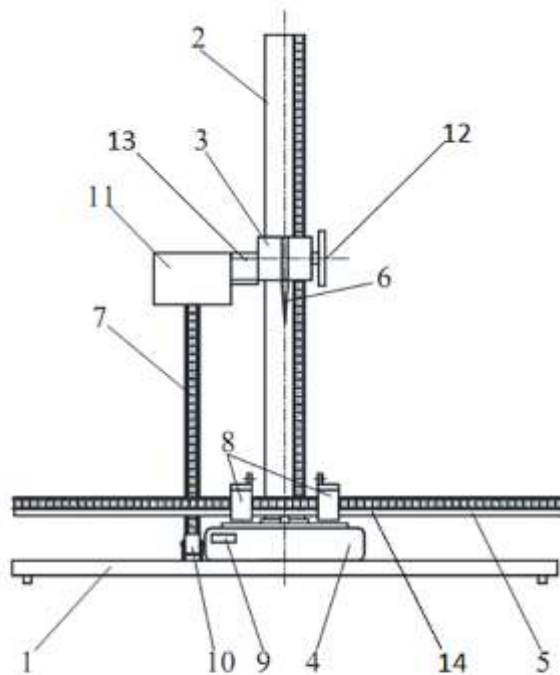


Рис. 3.2. Прилад для визначення механічних властивостей стебел сільськогосподарських культур.

Після цього деформатор 6 повільно спускається до того рівня, на якому відбувається перелом стебла. Пізніше буде оглянуто відеозапис процесу деформації стебла. Завершальним етапом визначатиметься момент пружної деформації, а також величина зусиль прикладених деформатором до досліджуваних стебел, і величина переміщення деформатора, що визначають прогин стебел до їхнього перелому.

На кафедрі „Тракторів та сільськогосподарських машин” Сумського Національного Аграрного Університету є прилад. Оберти рукоятки 2 зображено на (рис. 3.3) через ходовий гвинт 3, гайки 4 і напрямних 5, які розміщені на підставці 1, приводить і рух кронштейн 14. Кронштейн жорстко з'єднаний зі штовхачем 13.

Принцип роботи цього приладу полягає в тому, що сила опору зразка стебла 7 передається через сегмент 8 тримача та втулку 9 на силову пружину 10, стискаючи її. Міра стискання пружини пропорційна силі опору зразка стебла перерізанню і вносяться на паперовій стрічку 15.

Зразок починає чинити опір переміщенню штока 12, з моменту дотику робочого органу до зразка. Таким чином, шток рухається в нерухомому кронштейні 17. На силову пружину передається сила цього опору, що змушує стискатися. Стискання пружини фіксується приладом 18 за допомогою олівця 19 на паперовій стрічці 15, де вона відображається у вигляді діаграми 16.

Шток з'єднаний з записувальним приладом 18, його елементи спроектовані так, щоб олівець рухався у вертикальному напрямку (вісь Y) відповідно до величини стискання пружини, а в горизонтальному напрямку (вісь X) на величину переміщення штока.

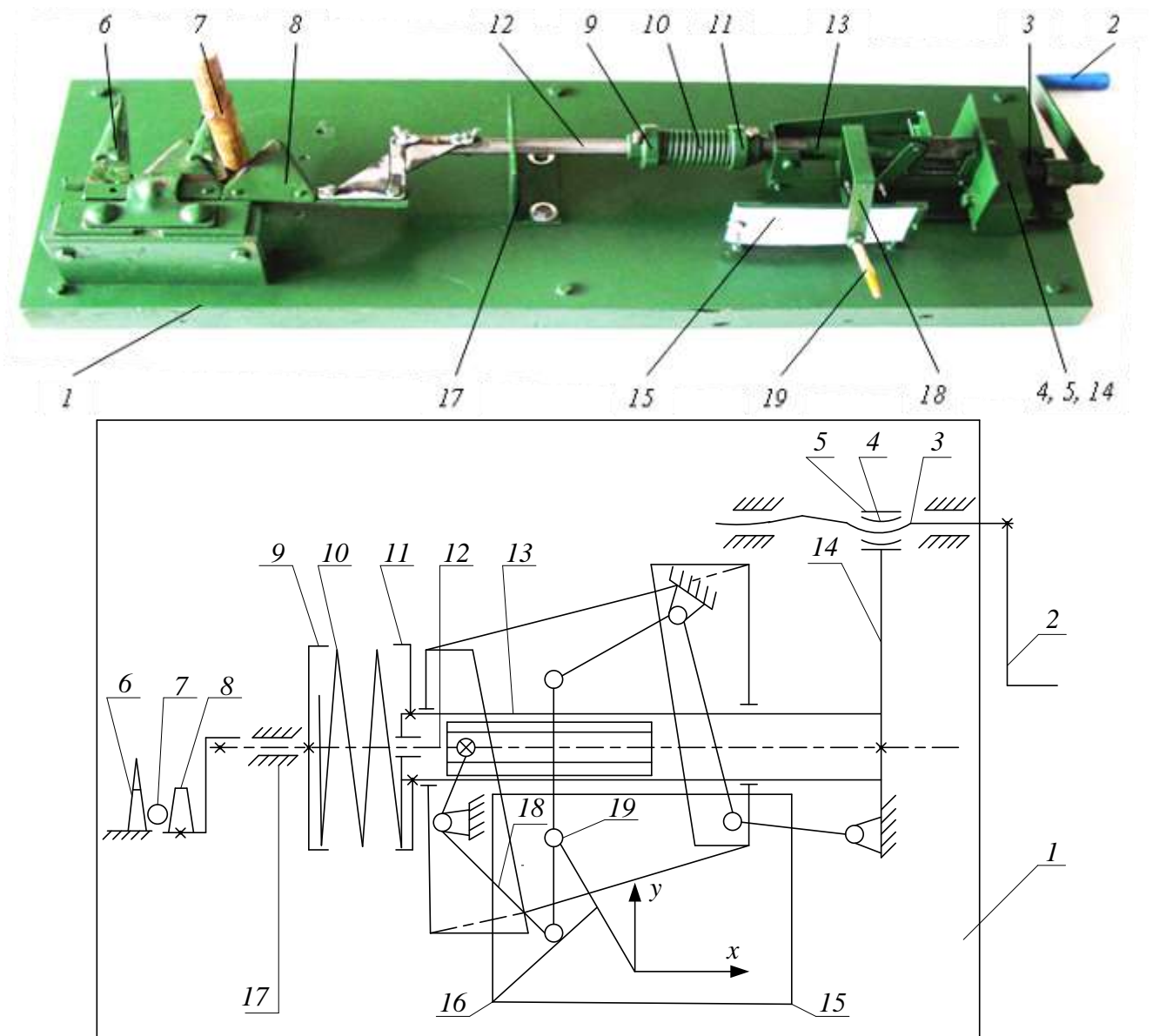


Рис. 3.3. Прилад для визначення характеристик перерізання сільськогосподарських матеріалів:

1 – підставка; 2 – рукоятка; 3 – ходовий гвинт; 4 – гайка; 5 – напрямна;
 6 – палець з протирізальною пластиною; 7 – зразок стебла; 8 – сегмент;
 9 і 11 – втулки; 10 пружина; 12 – шток; 13 – штовхач; 14 – кронштейн;
 15 – паперова стрічка; 16 – діаграма; 17 – нерухомий кронштейн;
 18 – записувальний пристрій; 19 – олівець

Під час обертання рукоятки пружина дозволяє подолати опір зразка та перерізати його, після цього пружина швидко розтискається та

розвантажується, дозволяючи штоку рухатися вперед. Передбачено амортизатор для пом'якшення удару штока.

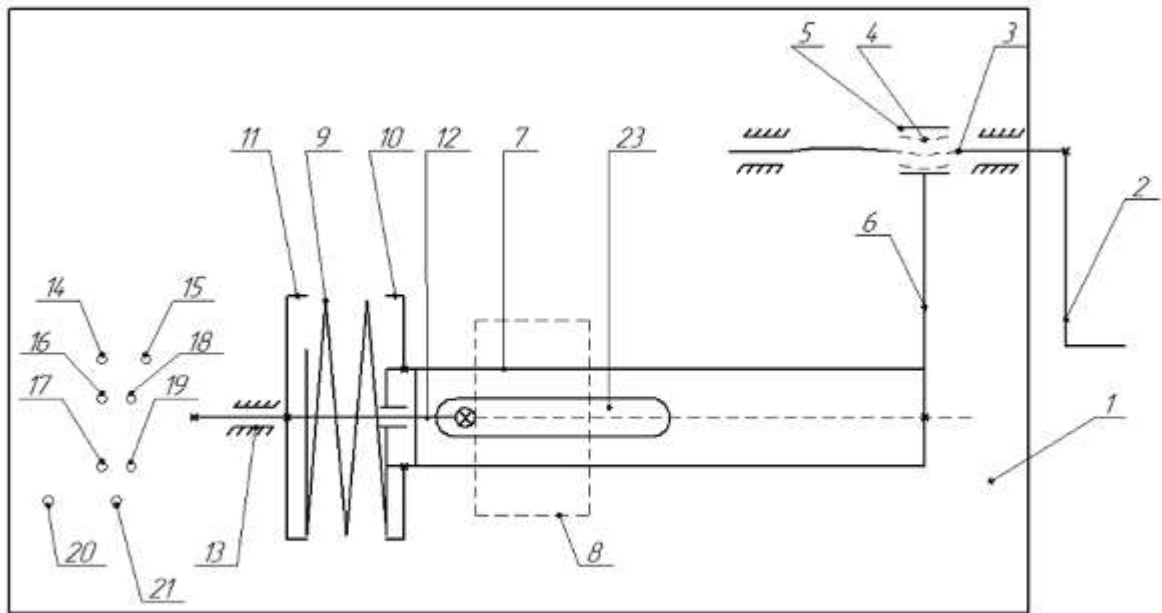


Рис. 3.4. Удосконалення приладу для визначення властивостей стебел

3.2. Тарування пружин приладу

Фіксований масштаб має велика кількість силових ланок (пружин). Масштаб пружини ($q_{пр}$) – це сила, яка важлива для зміни деформації на одиницю довжини. Під час навантаження існує залежність між силою (F) та величиною деформації (H):

$$q_{пр} = \frac{F}{H}. \quad (3.5)$$

Тарування визначається розмірами пружини, такими як діаметр дроту та довжина. Пружина встановлена на прилад приводить вимірювальну систему в потрібне положення. Отже, лінійка встановлюється в нульове положення. Пружину навантажують поступово, ступенями $F_1, F_2, - F_{max}$ з інтервалом ΔF (H). На рис. 3.5 показана схема приладу для тарування пружини стиску.

З кожним наступним ступенем завантаження повинно збільшуватися на величину інтервалу. При досягненні максимального навантаження пружина буде розвантажуватися з заданим інтервалом. На всіх ступенях завантаження

та розвантаження вимірюють довжину пружини (цей цикл повторюватиметься тричі).

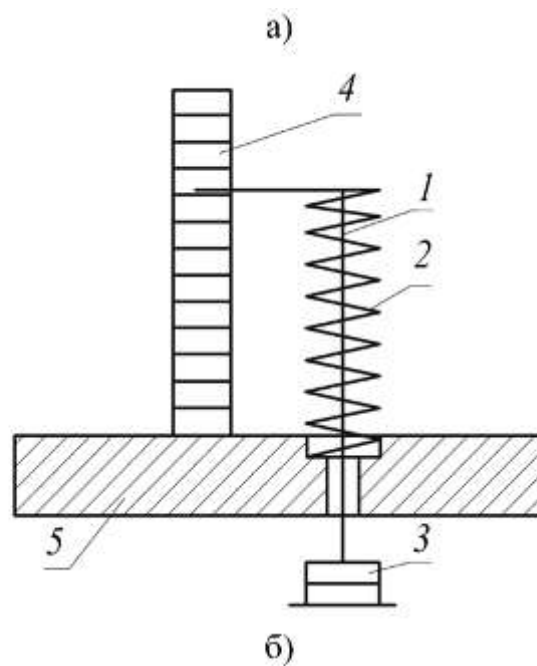


Рис. 3.5. Пристрій для тарування пружини:

а) загальний вигляд, б) схема

1 – підвіска для вантажу; 2 – пружина стиску; 3 – вантаж;

4 – вимірювальна лінійка; 5 – основа

На кожному етапі завантаження та розвантаження визначають середню довжину пружини ($H_{сер}$). Максимальну різницю визначають для всіх етапів :

$$f = H_{сер} - H_{min} \text{ або } f = H_{max} - H_{сер}. \quad (3.6)$$

Похибка при розвантаженні і завантаженні пристрою у всіх випадках визначається за формулою:

$$\dot{a}_{\text{п\ddot{o}}} = \frac{f}{\dot{I}_{\text{п\ddot{o}}}} \cdot 100, \% \quad (3.7)$$

Для визначення середньої похибки ($a_{сер}$) необхідно середнє арифметичне з похибок a_{cm} , одержаних для всіх ступенів:

$$a_{сер} = \frac{\sum a_{cmi} K_i}{\sum K_i}, \quad (3.8)$$

На основі отриманих даних виконуємо таблицю тарування пружин приладу (таблиця 3.1 – діаметр пружини 3 мм; таблиця 3.2 – діаметр 5 мм).

На основі даних таблиць 3.1 та 3.2 представлених на рисунку 3.6, побудовані тарувальні криві, що використовуються для обробки діаграм, отриманих під час дослідів.

Таблиця 3.1

Результати тарування силової пружини приладу, діаметр якої 3 мм.

Зусилля $F, \text{ Н}$	Деформація пружини $H, \text{ мм}$ при						Середня деформація, $H_{сер}, \text{ мм}$	Максимальна різниця $f, \text{ мм}$	Похибка $a_{cm}, \%$
	навантаженні			розвантаженні					
	1	2	3	1	2	3			
29,4	8,0	8,1	8,2	8,0	8,2	8,2	8,16	0,16	1,96
58,8	16,0	16,5	16,5	16,5	16,5	16,0	16,33	0,33	2,00
88,2	25,0	25,0	24,0	25,0	24,0	24,0	24,50	0,5	2,04
117,6	33,0	33,0	32,0	32,0	33,0	33,0	32,66	0,66	2,02

Середнє значення похибок приладу $a_{сер} - 2,00 \%$.

Результати тарування силової пружини приладу, діаметр якої 5мм.

Зусилля F , Н	Деформація пружини H , мм при						Середня деформація, $H_{ср}$, мм	Максимальна різниця f , мм	Похибка $a_{ср}$ %
	навантаженні			розвантаженні					
	1	2	3	1	2	3			
29,4	5,0	5,1	5,2	5,3	5,0	5,1	5,16	0,14	2,71
58,8	10,5	10,0	10,4	10,3	10,3	10,5	10,33	0,17	1,65
88,2	15,5	16,0	15,0	16,0	15,5	15,0	15,50	0,50	3,23
117,6	21,0	20,5	20,5	20,5	20,5	21,0	20,66	0,34	1,65
147,0	25,5	25,5	26,0	26,0	25,5	26,0	25,75	0,25	0,97
176,0	31,0	30,5	31,5	31,5	31,0	30,5	31,00	0,50	1,61

Середнє значення похибок приладу $a_{ср}$ - 1,97 %.

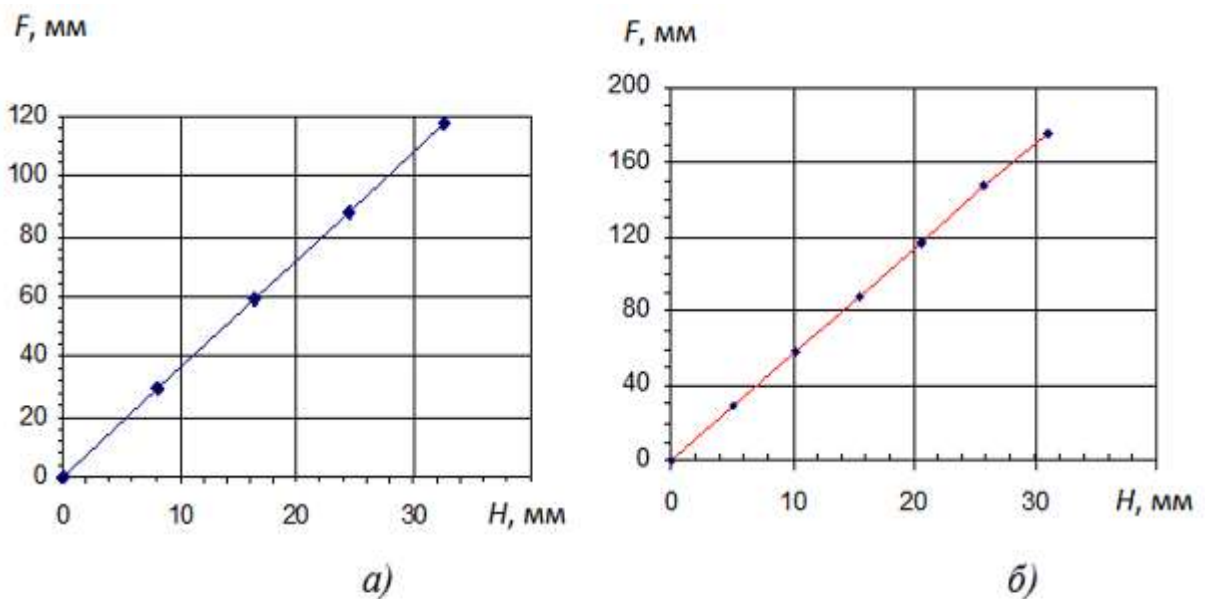


Рис. 3.6. Тарувальна крива пружини приладу:

a – діаметр пружини 5 мм; b – діаметр пружини 3 мм

3.3. Визначення вологості стебел кукурудзи та соняшнику.

Для визначення вологості використовували електричну сушильну шафу ШС – 150, зразки стебел, терези і бюкси.

Зображена на (рис. 3.7) сушильна шафа, яка містить робочу камеру та підставку. Робоча камера включає в себе металевий корпус 6 циліндричної форми, яка зачиняється круглими дверцятами 7 спереду. Вентиляційний ковпачок 5 - це верхня частина шафи, в якому встановлені три змінні полиці 4, а знизу розташований керамічний під, в пазах якого знаходиться закритий нагрівальний елемент.

Нагрівальний елемент слід підключити до обмотки повзункового реостата, який розташований всередині підставки і здатний регулювати температуру шафи в діапазоні від 85 до 150 °С.

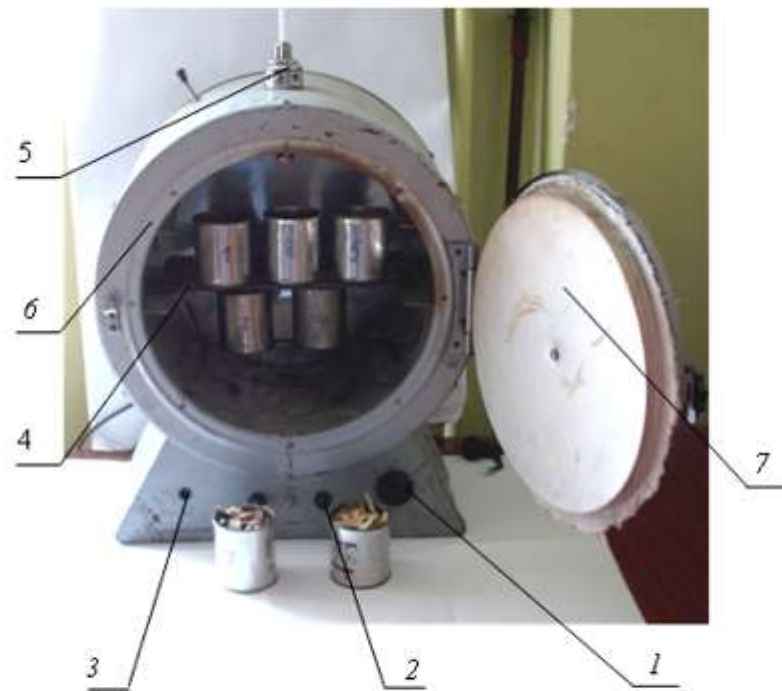


Рис. 3.7. Сушильна шафа ШС – 150:

1 – ручка повзунка реостата, 2 – вимикач; 3 – сигнальна лампа; 4 – полиці;
5 – вентиляційний ковпачок; 6 – металевий корпус; 7 – дверцята

Абсолютна вологість обчислюється за формулою:

$$W_a = \frac{m_e - m_c}{m_e} \cdot 100, \quad (3.9)$$

Середня арифметична величина визначається:

$$W_{aCep} = \frac{\sum K_i \cdot W_{ai}}{\sum K_i}, \quad (3.10)$$

Середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (W_{aCep} - W_{ai}) \cdot K_i}{\sum K_i}}. \quad (3.11)$$

Коефіцієнт варіації визначаємо за формулою :

$$V = \frac{\sigma}{W_a} \cdot 100, \% \quad (3.12)$$

В даній таблиці зображені результати розрахунку.

	Кукурудза Цукрова Українська	Кукурудза Цукрова Брусниця	Кукурудза Цукрова	Соняшник сорт Світоч
Вологість зразків	$W_1 = 44,08 \%$	$W_2 = 37,62 \%$	$W_3 = 34,47 \%$	$W_C = 33,65 \%$
Середньоквадратичне відхилення	$\sigma_1 = \pm 1,8 \%$	$\sigma_2 = \pm 2,91 \%$	$\sigma_3 = \pm 0,85 \%$	$\sigma_C = \pm 1,55 \%$
Коефіцієнти варіації	$V_1 = 4,15 \%$	$V_2 = 7,73 \%$	$V_3 = 2,46 \%$	$V_C = 4,60 \%$

3.4. Визначення механічних характеристик стебел при перерізання.

Зразки для досліджень бралися з ділянки третього міжвузля або з частини стебла, де рослину зрізує збиральна машина.

Дослідження проводилися з шістьма повтореннями. Математичні розрахунки були виконані за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel. Для розрахунків визначали: величину максимального зусилля перерізання стебла (F_{max}), середнє зусилля перерізання стебла ($F_{сер}$), роботу різання (A) та питому роботу різання (a).

Визначали за формулою показники механічних властивостей стебел при перерізанні:

1.

$$F_{max} = h_{max} \cdot q_{Гр}, \quad (3.13)$$

2.

$$F_{сер} = \frac{S_{д} \cdot q_{Пр}}{l}, \quad (3.14)$$

3.

$$A = 10^{-3} \cdot F_{сер} \cdot l, \quad (3.15)$$

4.

$$a = \frac{10^3 \cdot A}{S_{Ст}}, \quad (3.16)$$

На рисунку 3.8 представлено приклад діаграми № 1, що показує процес перерізання стебла кукурудзи сорту Цукрова Українська.

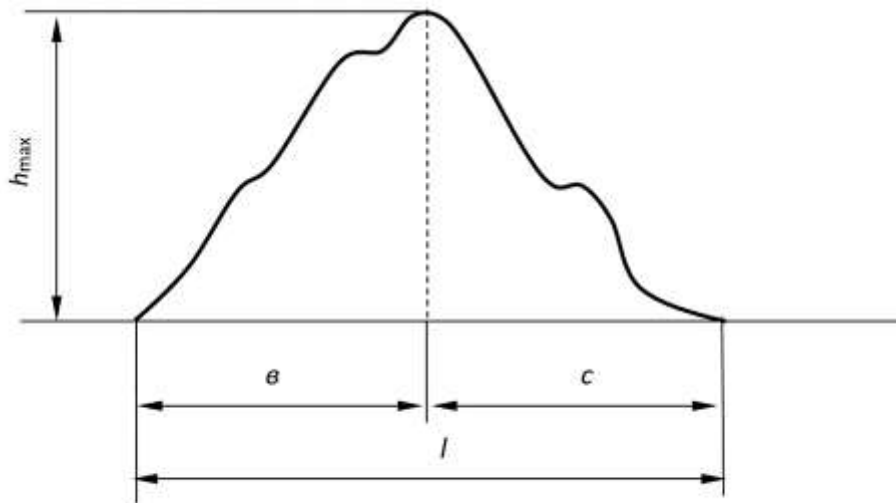


Рис. 3.8. Зразок діаграми перерізання стебла кукурудзи сорту

Середнє та максимальне зусилля перерізання стебла соняшнику дорівнює відповідним показникам кукурудзи сорту Цукрова Українська. Однак питома робота в 1,61 рази менша, оскільки площа різання соняшнику більша в 1,69 рази.

Таблиця 3.3

**Результати досліджень при перерізанні стебел кукурудзи сорту
Цукрова Українська**

Показники	Діаграми						Середнє значення
	1	2	3	4	5	6	
h_{\max} , мм	31,2	25	20	20,2	19	17	22,07
$q_{\text{пр}}$, Н/мм	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
F_{\max} , Н	177,84	142,5	114	115,15	108,30	96,9	125,80
e , мм	32	28	21	24	22	19	24,33
c , мм	19	28	23	18,8	23,3	31,5	23,93
l , мм	51	56	44	42,8	45,5	50,5	48,26
$S_{\text{д}}$, мм ²	795,6	700	440	432,28	430,35	429	532,55
$F_{\text{сер.}}$, Н	88,92	71,24	57,0	57,56	54,14	48,44	62,90
A , Дж	4,54	3,98	2,51	2,46	2,45	2,45	3,04
$d_{\text{ст.}}$, мм	20,5	21,3	21	20,25	20,4	21,5	20,82
$S_{\text{ст.}}$, мм ²	329,90	356,15	346,18	321,18	326,70	362,9	340,62
a , кДж/м ²	13,74	11,18	7,25	7,66	7,49	6,74	8,83

Таблиця 3.4

Механічні властивості при перерізанні стебел

Показники	Сорт			Соняшник сорту Світоч
	Цукрова Українська	Цукрова Брусниця	Цукрова	
F_{\max} , Н	125,8	87,92	115,0	123,3
$F_{\text{сер.}}$, Н	62,90	43,96	57,5	61,65
A , Дж	3,04	1,75	2,12	3,19
a , кДж/м ²	8,93	4,48	6,05	5,54

У таблиці 3.5 представлені основні механічні характеристики стебел кукурудзи при різанні міжвузлів.

Механічні властивості стебел кукурудзи при перерізанні міжвузлів

Показники	Сорт		
	Цукрова Українська	Цукрова Брусниця	Цукрова
F_{\max} , Н	204,8	154,9	186,6
$F_{\text{сер.}}$, Н	102,4	77,45	93,3
A , Дж	5,86	4,2	5,51
a , кДж/м ²	11,28	7,91	9,92

Під час дослідження механічного кільця при різанні були отриманні такі результати (див. табл. 3.6).

Характеристики механічного кільця товстостеблових культур

Показники	Сорт			Соняшник сорту Світоч
	Цукрова Українська	Цукрова Брусниця	Цукрова	
F_{\max} , Н	100,7	47,46	59,86	76,97
$F_{\text{сер.}}$, Н	50,35	23,73	29,93	38,48
A , Дж	2,34	1,45	1,75	2,68
a , кДж/м ²	26,20	15,08	18,59	9,40

Діаметра стебла прямо пропорційна роботі різання та зусиллю. Механічне кільце вбирає більшу частину енергії під час різання. Опір різанню серцевини є меншим у порівнянні з опором перерізанню всього стебла, навіть якщо площа поперечного перерізу серцевини складає значну частину площі перерізу стебла.

У таблиці 3.7 представлені результати дослідження різання механічного кільця та серцевини стебел 3 сортів кукурудзи і соняшнику.

Характеристики механічного кільця і серцевини товстостеблових культур

Показники	Сорт			Соняшник сорт Світоч
	Цукрова Українська	Цукрова Брусниця	Цукрова	
Зовнішній діаметр стебла d_3 , мм	20,82	22,31	21,12	27,08
Товщина механічного кільця, мм	1,47	1,47	1,53	3,92
Площа стебла $S_{Ст}$, мм ²	340,27/100	390,72/100	350,15/100	575,66/100
Площа серцевини стебла $S_{Серц}$, мм ²	250,96/73,75	294,53/75,39	256,04/73,16	290,59/50,48
Площа механічного кільця $S_{МК}$, мм ²	89,31/26,25	96,15/24,61	94,11/26,84	285,07/49,52
Робота різання стебла A , Дж	3,04/100	1,75/100	2,12/100	3,19/100
Робота різання серцевини стебла $A_{Серц}$, Дж	0,70/23,02	0,30/17,4	0,37/17,45	0,51/15,98
Робота різання механічного кільця стебла $A_{МК}$, Дж	2,34/76,98	1,45/82,86	1,75/82,55	2,68/84,02

ПРИМІТКА: У знаменнику вказані відсотки.

3.5. Визначення механічних характеристик при згинанні стебел



Рис. 3.9. Пристрій для визначення характеристик сільськогосподарських матеріалів на згин

Під час розрахунку визначалися такі параметри : жорсткість стебла (EI), осьовий момент інерції (I), модуль пружності (E), потенціальна енергія пружної деформації ($A_{\text{Пц}}$), енергія для вигину зразка стебла (A) при $y = 70$ мм.

За формулами визначаються показники механічних властивостей стебел на згинання:

1. Жорсткість стебла

$$EI = \frac{F_{\text{Пц}} \cdot l^3 \cdot 10^{-6}}{48 \cdot y_{\text{Пц}}}, \quad (3.17)$$

2. Осьовий момент інерції

$$I = \frac{\pi \cdot d_{\text{Ст}}^4}{64}, \quad (3.18)$$

3. Модуль пружності

$$E = \frac{F_{\text{Пц}} \cdot l^3 \cdot 10^{-6}}{48 \cdot y_{\text{Пц}} \cdot I}, \quad (3.19)$$

4. Потенціальна енергія пружної деформації

$$\dot{A}_{i\ddot{o}} = 0,5 \cdot F_{i\ddot{o}} \cdot \dot{o}_{i\ddot{o}} \cdot 10^{-3}, \quad (3.20)$$

5.

$$A^I = 0,5 \cdot (F_{70} + F_{\text{Пц}}) \cdot (y_{70} - y_{\text{Пц}}) \cdot 10^{-3}, \quad (3.21)$$

6.

$$A = A_{\text{Пц}} + A^I, \quad (3.22)$$

Показано залежність висоти ординати від вигину консольно закріпленого стебла соняшнику сорту Світоч, зображено на рис. 3.10.

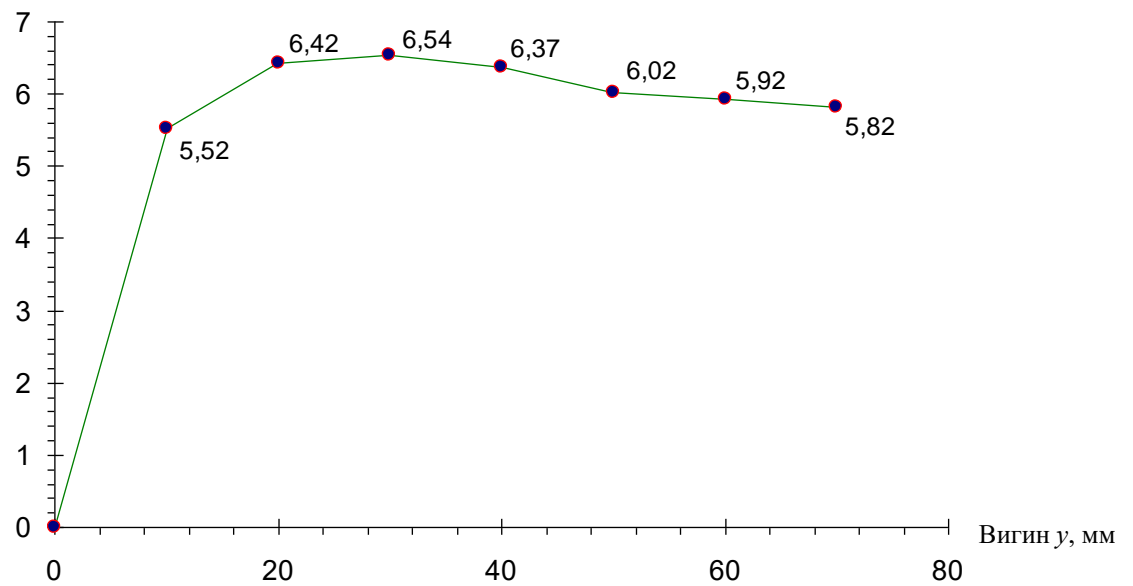


Рис. 3.10. Залежність висоти ординати від вигину консольно закріпленого стебла соняшнику сорту Світоч

У таблиці 3.8 представлені результати досліджень соняшнику при згинанні.

Таблиця 3.8

Результати досліджень при згинанні стебел соняшнику сорту Світоч

Вигин u , мм	Середня висота h діаграми, мм	$F_{\text{Сер}}$, Н
0	0	0
10	5,52	19,87
20	6,42	23,10
30	6,54	23,56
40	6,37	22,93
50	6,02	21,68
60	5,92	21,30
70	5,82	20,94
Середній діаметр стебла, мм	20,63	

При незначних деформаціях стебло чинить опір згинанню, і закон Гука застосовують з достатньою точністю, що зображено на діаграмі. Однак, у подальшому жорсткість стебла зменшується, і цей закон вже не застосовується.

У таблиці 3.9 представлені результати розрахунків.

Таблиця 3.9

Результати розрахунків за дослідженнями соняшнику та кукурудзи при згинанні консольно закріпленого стебла

Показники	Соняшник сорту Світоч	Кукурудза сорту		
		Цукрова Українська	Цукрова Брусниця	Цукрова
$F_{\text{Пш.}}$, Н	19,87	9,0	9,29	11,15
$u_{\text{Пш.}}$, мм	10	10	10	10
$EI \cdot 10^{-3}$, Н · м ²	41,36	18,75	19,39	23,23
$I \cdot 10^{-9}$, м ⁴	8,9	7,3	6,7	7,3
E , МПа	4,65	2,57	2,90	3,17
$A_{\text{Пш.}}$, Дж	0,099	0,09	0,046	0,056
A' , Дж	1,22	0,411	0,616	0,768
A , Дж	1,32	0,501	0,662	0,824

Для здійснення дослідів на згин зразків стебел соняшнику та кукурудзи повинні мати деформацію розтягу в одній частині поперечного перерізу , а в іншій – стискання.

При згину зразків стебел (завдовжки 100 мм на 70 мм) повного зламу не здійснювалося, але повернення їх у початкове положення не спостерігалось через руйнування тканин.

РОЗДІЛ 4.

ОХОРОНА ПРАЦІ.

4.1. Інструкція з охорони праці під час виконання лабораторно-практичних робіт

Загальні вимоги:

1. Інструкція є обов'язковою для виконання студентами університету.
2. Основні небезпеки в аудиторії є: розетки; електроприлади (телевізор, проектор), вікна, скляні дверцята шафи.
3. За правилами пожежної безпеки в кабінеті не повинні використовуватися пожежонебезпечні та легкозаймисті предмети; забороняється застосовувати відкритий вогонь, обігрівачі та електричні пристрої.
4. Основні види небезпек можуть бути: ураження електричним струмом, травми та поранення або падіння предметів, порізи при розбитті скла; травми канцелярськими приладами за необережністю студентів.

Вимоги перед початком роботи:

1. Викладач на початку занять проводить інструктажі з безпеки життєдіяльності.
2. Перевірте надійність необхідних предметів для навчальної діяльності.
3. Виконувати завдання потрібно тільки з дозволу викладача.

Вимоги під час роботи:

1. Заборонено у закладі порушувати дисципліну та бути у алкогольному сп'янінні.
2. Користуватися потрібно тільки канцелярськими приладдями, які не є джерелом небезпеки для власного життя та здоров'я та людей.
3. Необхідно виконувати роботу ту що доручив викладач.
4. Для ввімкнення електричних приладів застосовуйте стабілізатор напруги. Заборонено користуватися пошкодженими розетками.
5. Не торкайтеся до оголених проводів.
6. В разі погіршення стану здоров'я негайно повідомити викладача.

7. Дотримуйтесь правил техніки безпеки щодо користування електрообладнанням, що знаходяться в кабінеті.

8. Заборонено приносити до університету та кабінету будь-які пристрої, предмети або речовини, що становлять небезпеку для присутніх.

Вимоги після закінчення роботи:

1. Прибирання робочого місця після закінчення заняття виконується з дозволу викладача.

2. Не заважайте іншим студентам виходити з кабінету і не блокуйте вихід.

3. Огляньте своє робоче місце, при виявленні поломок чи несправностей повідомити викладача.

4. Чергування в навчальному кабінеті студентами відбувається під наглядом викладача, що стежить за правилами безпеки та особистої гігієни.

4.2. Інструкція з охорони праці під час роботи за комп'ютером

1. Для роботи з ПК допускаються особи, яким виповнилося 18 років, що ознайомились із інструкцією.

2. Під час роботи студента впливають такі небезпечні фактори: випромінювання та електрострум; напруження на очі при неправильному розташуванні екрана .

3. Освітлювальні установки мають забезпечити правильне освітлення.

4. При роботі з ПК потрібно працювати із природнім освітленням та природною або штучною вентиляцією.

5. Кут нахилу екрана повинний складати 10-15°, а відстань до екрана - 500-600 мм.

6. Особи, які порушують вимоги при роботі з ПК притягаються до дисциплінарної відповідальності.

Вимоги перед початком роботи з комп'ютером:

1. Переконайтесь у працездатності електропроводки та обладнання. При виявленні несправності повідомити викладача та самостійно до роботи не можна приступати.

2. Перевірити освітлення робочого місця.

3. Перевірити надійність захисного заземлення.
4. Якісно провітрювати приміщення. У навчальному закладі температура повітря в холодний період 22-24°C, а в теплий період року 23-25°C, вологість повітря становить 40-60%.
5. Включаючи монітор переконатися що відсутній запах диму від комп'ютера.

Вимоги під час роботи з комп'ютером:

1. Не допускати до роботи з ПК сторонніх осіб, що не приймають участь в занятті.
2. Заборонено переміщати та переносити обладнання, що знаходиться під напругою.
3. Заборонено під час роботи пити напої та приймати їжу.
4. Необхідно виконувати вимоги з електробезпеки та пожежної безпеки.
5. Роботи з ПК не повинна перевищувати 6 годин протягом робочого дня, для викладачів — не більше 4 годин.
6. Через кожну 1 годину роботи з ПК слід зробити перерву в 15 хв.
7. При виявленні несправності негайно повідомити викладача.

Вимоги після закінчення роботи:

1. Вимкнути ПК від електромережі, для цього необхідно вимкнути тумблери, а пізніше витягнути з розетки.
2. Якісно провітрювати приміщення.
3. Якщо заземлюючий провід пошкоджений то потрібно негайно вимкнути обладнання та повідомити викладача.
4. При виявленні пожежі вимкнути обладнання та знеструмити електромережу, слід повідомити про пожежу працівникам і негайно почати гасіння.
5. При виникненні нещасного випадку, насамперед, слід звільнити потерпілого та звернутися до медпункту.

РОЗДІЛ 5.

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Економічна частина є необхідною складовою при виконанні науково-дослідної роботи, і як правило в багатьох роботах є частиною бізнес плану.

Нами було економічно обґрунтовано виготовлення приладу «Для визначення механіко-технологічних властивостей сільськогосподарських матеріалів».

Розрахунок економічних показників проводився за розробленими методиками, і згідно з методичними вказівками.

Економічні розрахунки по виготовленню даного приладу складався з двох етапів: покупка матеріалів та саме виробництво даного приладу.

Роботи пов'язані з виготовленням виконувались власними силами лаборантів та навчальних майстрів.

Придбані матеріали наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Придбані матеріали

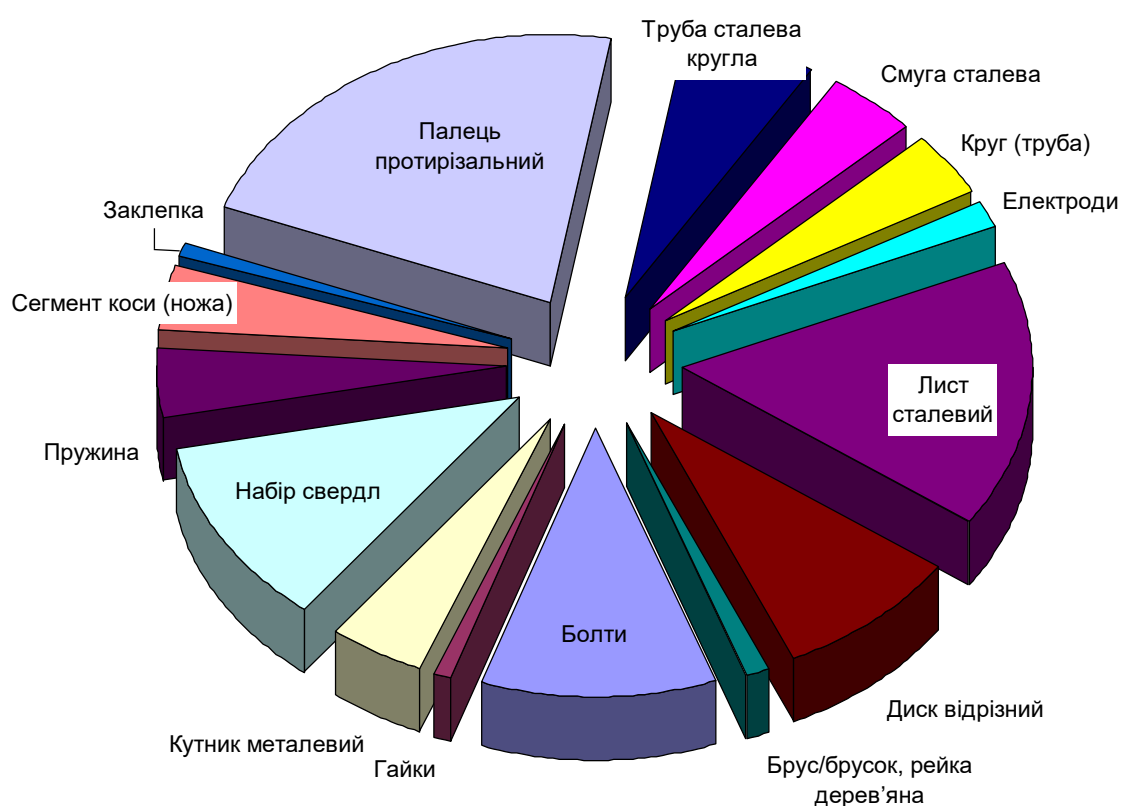
№ п/п	Назва матеріалу	Кількість	Ціна за одиницю, грн.
1	2	3	4
1.	Болт DIN933, M10*30 мм	7	5,88
2.	Болт DIN933, M6*25 мм	5	3,32
3.	Болт DIN933, M6*40 мм	8	4,0
4.	Болт DIN933, M4*20 мм	10	3,24
5.	Гайка M4 DIN934	10	0,50
6.	DIN315 Гайка M6 барашковая	4	1,89
7.	DIN934 Гайка M6x0,75 8, цинк білий	10	1,68
8.	Кутник металевий 40x40x3 мм	1 п.м.	106,70
9.	Набір свердл по металу P6M5 (бокс 1,0-10,0мм 19шт)	1	797
10.	Болт M20 DIN 931 клас міцності 10.9	1	55
11.	Пружина 552.6.030 4,5x32,5x100	1	45

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4
12.	Сегмент коси (ножа) жатки крупний зуб	2	73
13.	Заклепка 10.0 ГОСТ 10299-80	6	4,83
14.	Палець протиризальний Н213405	1	378,8
15.	Труба сталева кругла ВГП ДУ 25х2,5 мм	1	147,7
16.	Смуга сталева 20х5х50 ГОСТ 103-76	1	138
17.	Круг d15 мм	2	48
18.	Електроди моноліт РЦ Ф 2 ММ	0,5 кг.	191
19.	Лист сталевий 30ХГСА 40Х1000Х500 ММ	1 п.м.	325
20.	Диск відрізний для металу 125х1.2 х 22.2	5	21
21.	Брус/брусоч, рейка дерев'яна 30х30х100	2 п.м.	14,67
	ВСЬОГО:		2645,54 грн.

Загальна вартість покупних матеріалів склала 2645,54 грн., також були придбані і інші витратні матеріали на суму 200 грн.

Отже сума затрачених коштів склала 2845,54 грн.



ВИСНОВКИ

Для проведення дослідів нами були використані такі сорти кукурудзи: Цукрова Українська, Цукрова Брусниця та Цукрова при середній вологості відносно маси вологого зразка відповідно $W_1 = 44,08 \%$, середньоквадратичному відхиленні $\sigma_1 = \pm 1,8 \%$ і коефіцієнті варіації $V_1 = 4,15 \%$; $W_2 = 37,62 \%$, $\sigma_2 = \pm 2,91 \%$, $V_2 = 7,73 \%$; $W_3 = 34,47 \%$, $\sigma_3 = \pm 0,85 \%$, $V_3 = 2,46 \%$ та соняшнику сорту Світоч при $W_C = 33,65 \%$, $\sigma_C = \pm 1,55 \%$, $V_C = 4,60 \%$.

Перерізання стебл кукурудзи відбувалося різних сортів приблизно однакового середнього діаметра (20,82-22,31 мм) та соняшнику сорту Світоч середнього діаметра 27,08 мм. Механічні характеристики сортів кукурудзи Цукрова та Цукрова Брусниця не відрізнялися. Середнє та максимальне зусилля різання сорту Цукрова Українська в порівнянні з сортом Цукрова Брусниця більші в 1,42 рази. Робота на перерізання стебла кукурудзи сорту Цукрова Українська в порівнянні з сортом Цукрова Брусниця більша в 1,74 рази, а питома робота різання – в 1,99 рази.

Для стебел кукурудзи та соняшнику діаметром 19,21...20,63 мм вологістю 34,47...44,08 %, жорсткість склала $(18,75...41,36) \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м}^2$, модуль пружності – 2,57...4,65 МПа, робота на вигин 70 мм – 0,501...1,32 Дж. Найбільші показники мав соняшник.

Робота при перерізання механічного кільця стебла соняшнику виявилася більшою в порівнянні з кукурудзою, але питома робота була в 1,60...2,78 рази меншою, тому товщина механічного кільця соняшнику в 2,56...2,66 рази більша за товщину кукурудзи різних сортів. Питома робота перерізання механічного кільця соняшнику в порівнянні з різанням стебла в 1,70 рази більша, а у кукурудзи різних сортів – в 2,93...3,37 рази.

Площа механічного кільця для кукурудзи складала 24,61...26,84 %, соняшнику – 49,52 % площі стебла, а площа серцевини відповідно – 73,16...75,39 % і 50,48 %. Витрати роботи на перерізання механічного кільця

кукурудзи склала 76,98...82,86 %, а соняшнику – 84,02 % від роботи на перерізанні всього стебла, тобто, на перерізанні одного процента площі механічного кільця кукурудзи витрачається 2,87...3,37 % від всієї роботи, а соняшнику – 1,7 %. На перерізанні одного процента площі серцевини кукурудзи визначається 0,23...0,31 % від всієї роботи, а соняшнику – 0,32 %. Таким чином, на перерізанні одиниці площі механічного кільця кукурудзи в порівнянні з серцевиною витрачається більше енергії в 10,9...13,61 рази, а для соняшнику – в 5,31 рази.

Найменше зусилля та питому роботу на перерізанні міжвузлів кукурудзи має сорт Цукрова Брусниця. Найбільший показник у сорту Цукрова Українська. Питома робота при перерізанні стебла кукурудзи в порівнянні з перерізанням міжвузлів у різних сортів в 1,26...1,76 рази менша.

Одержані результати досліджень можна застосувати при розробці різальних і подрібнювальних апаратів машин по збиранню кукурудзи та соняшнику.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бакум М.В., Кириченко О.В. Дослідження механіко-технологічних властивостей стебел сільськогосподарських культур / Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи. – Харків: ХНТУСГ, 2011. - 12 с.
2. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т. II. ч. 1. Машини для заготівлі кормів. – Х.: Око, 2003. – 360 с.
3. Царенко, О. М. Войтюк, Д. Г. Швайко, В. М. Довжик, М. Я. Яцун, С. С. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів [Електронний ресурс] / Царенко, О. М. Войтюк, Д. Г. Швайко, В. М. Довжик, М. Я. Яцун, С. С. // К. : Мета. – 2003. – Режим доступу до ресурсу: <https://repo.snau.edu.ua/bitstream/123456789/1478/1/1378.pdf>.
4. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Баранівський, В.М. Булгаков та ін.; за ред.. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
5. Царенко О.М., Войтюк Д.Г., Швайко В.М. та ін. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник: за ред.. С.С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.
6. Яцун С.С. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Практикум: Навч. посібник С.С. Яцун, М.Я. Довжик, Г.С. Головченко, О.М.Калнагуз, Ю.В. Сіренко; За редакцією С.С. Яцуна. – Суми.: СНАУ, 2011. – 143 с.
7. Патент 49416 України, МПК А01В 76/00. Прилад для визначення пружних властивостей стебел сільськогосподарських культур / Бакум М.В., Манчинський Ю.О., Кириченко О.В., Шевченко М.І., опубл. 26.04.2010, Бюл. № 8. – 3 с.
8. Патент 52920 України, МПК G01N 3/00 ,G01N33/00. Пристрій для визначення механіко-технологічних властивостей рослинних матеріалів /

Довжик М.Я., Яцун С.С., Калнагуз О.М., Жабко А.І., опубл. 10.09.2010, Бюл. № 17. – 4 с.

9. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Агроінженерія» галузі знань 20 Аграрні науки та продовольство спец. 208 Агроінженерія денної та заоч. форм навч. / уклад. С.Ф. Юхимчук. – Луцьк : Луцький НТУ, 2022. – 232 с.

10. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Основи теорії та розрахунку[Текст]: навч. посіб. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. ; за ред. Д. Г. Войтюка. Суми: ВТД Універська книга. 2008. 543 с.

11. Результати дослідження механіко-технологічних властивостей стебел вівса [Текст] / М. В. Бакум, О. В. Кириченко, В. О. Кириченко, О. С. Вотченко // Вісник Харків. нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка. Техн. науки. - Харків : ФОП Сегаль І. М., 2014. - Вип. 148 : Механізація с.-г. вир-ва. - С. 128-135. - Бібліогр.: с. 134

12. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів [Електронний ресурс] : практикум / Ю.О. Манчинський, М. В. Бакум, В. І. Пастухов, О. М. Горбатовський, В. П. Леонов, А. В. Сергєєва, В. Ю. Манчинський ; за ред. Ю. О. Манчинського. - 2-е вид., перероб. и доп. - Харків : [б. и.], 2010. - 224 с.

13. Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А. Механікотехнологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009 – 84 с.

14. Корчак, Микола. (2024). Особливості підготовки бакалаврів при викладанні дисципліни “Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів”. International Science Journal of Education & Linguistics. 3. 7-14. 10.46299/j.isjel.20240301.02.

15. Горовий М.В. Дослідження процесу різання стебел сільськогосподарських матеріалів/ Горовий М.В., Калнагуз О.М., Решетіло С.О./Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому

комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Мелітополь, 02-27 листопада 2020 р.) / ТДАТУ: ред. кол. В. М. Кюрчев, В. Т. Надикто, О. Г. Скляр [та ін.]. - Мелітополь: ТДАТУ, 2020. –с.294-295

16. Горовий М.В. Дослідження механіко-технологічних властивостей сільськогосподарських культур при перерізанні / Горовий М.В., Калнагуз О.М., Решетіло С.О. /Матеріали XXI Міжнародної наукової конференції „Сучасні проблеми землеробської механіки” – Харків: ХНТУСГ, 2020. –с. 89.

17. Машина для заготівлі кормів [Електронний ресурс] // Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти – Режим доступу до ресурсу:

<https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agroinjenerija/Agricultural%20machinery/5/5.2.htm>.

Додатки