

УДК 631.362.35.+УДК 633.853.+УДК 631.31

№ держреєстрації 0111U002549

**МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА  
УКРАЇНИ**  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
72312, м. Мелітополь, пр. Б.Хмельницького, 18,  
ТЕЛ. (0619) 42-13-83, 42-21-32

ЗАТВЕРЖУЮ  
Директор ІДІ МЗПУ,  
чл.-кор. НААНУ, д.т.н.,  
 В.Т. Надикто  
«14» \_\_\_\_\_ 2015р.

**ЗВІТ  
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ  
ЗА 2014р.**

п.п. 2. Розробка технологій і технічних засобів для рослинництва в умовах зрошеного землеробства півдня України

Завідувач відділу:  чл.-кор. НААНУ, д.т.н. Надикто В.Т.

Завідувач лабораторії  д.т.н. Михайлов С.В.

2015 р.

Результати роботи розглянуті НТР  
Протокол № 1 від «14» 03 2015 р.

## СПИСОК АВТОРІВ

Розділи	Виконавці	ПІБ	Підпис
1	Керівник підпрограми д.т.н., доцент	Михайлов Є.В.	
3,4	к.т.н., доцент	Караєв О.Г.	
2	к.т.н., доцент	Волік Б.А.	
2	к.т.н.,	Семенюта А.М.	
3	к.т.н.,	Чижиков І.О.	
4	інж.,	Матковський О.І	
1	інж.,	Білокопитов О.О.	
1	інж.,	Задосна Н.О.	
3,4	інж.,	Шевченко В.І.	
1	Студент 27 - СПМ	Алексєєв А.В.	
1	Студент 27 - СПМ	Гнатюк Є.Ю.	

## РЕФЕРАТ

Звіт з НДР: 45 сторінок, 19 рисунків, 5 таблиці, 26 посилань.

Об'єкти дослідження – склад олійної сировини соняшнику господарств регіонів України; розпушувач смуги ґрунту для технології strip-till; коливальний робочий орган викопувального плуга; процес механізованого садіння підщеп плодових культур.

Мета роботи – підвищення ефективності роботи: процесів післязбиральної обробки насіння соняшнику; технічних засобів для обробки ґрунту; обґрунтування конструкції та параметрів форми орієнтуючого пристрою машини для садіння підщеп плодових культур; садіння та викопування підщеп плодових культур.

Методи дослідження – основні положення вищої математики та теоретичної механіки, методика польових досліджень.

У даному звіті пропонуються:

- результати польових та лабораторних досліджень якості фракційного складу олійної сировини соняшнику;
- обґрунтування параметрів, розробка конструкції та дослідження v- подібного розпушувача смуги ґрунту для технології strip-till;
- обґрунтування конструкції та параметрів форми орієнтуючого пристрою машини для садіння підщеп плодових культур;
- робота рухомої сили на переміщення ґрунту з саджанцем коливальним розпушувачем викопувального плуга.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ, ПІСЛЯЗБИРАЛЬНА ОБРОБКА СОНЯШНИКУ, ОЛІЙНА СИРОВИНА СОНЯШНИКУ, РОЗПУШУВАЧ СМУГИ ГРУНТУ, ВИКОПУВАЛЬНИЙ ПЛУГ, САДИЛЬНИЙ АПАРАТ

## ЗМІСТ

Вступ	5
1. Результати лабораторно- виробничих досліджень якості фракційного складу олійної сировини соняшнику	6
2. Обґрунтування параметрів, розробка конструкції та дослідження v-подібного розпушувача смуги ґрунту для технології strip-till	13
3. Обґрунтування конструкції та параметрів форми орієнтуючого пристрою машини для садіння підщеп плодових культур	22
4. Робота рухомої сили на переміщення ґрунту з саджанцем коливальним розпушувачем викопувального плуга	30
Висновки .....	39
Література .....	41

## ВСТУП

Післязбиральна обробка зерна - один з найбільш трудомістких етапів його виробництва. Впровадження потокової технології обробки зерна, яка характеризується комплексною механізацією всіх процесів і операцій, привело до різкого зниження витрат праці і, разом з тим, показало найбільш часте нераціональне застосування типів агрегатів і комплексів, що використовуються для різних господарських умов. Крім того, при пропонованих небагаточисельних розрахунках з обґрунтування параметрів процесу ПУОЗ в більшості випадків не враховується його ймовірно - статистична природа умов функціонування машин і агрегатів в умовах України і особливо в її найбільш зерновиробничих південних районах.

Розробка проектів для будівництва та реконструкції зернотоків проводиться без урахування фактичної продуктивності ЗОМ і достатніх інформаційних та методично - розрахункових баз для конкретного господарства і реальних зональних умов, а це висуває завдання розробки та вдосконалення методики розрахунку параметрів ТО ПУОЗ

При розробці технічних засобів ґрунтообробних машин недостатньо уваги приділяється дисковим плугам за умови їх роботи в специфічних умовах.

Не менш актуальними залишаються проблеми розробки та удосконалення засобів механізації для садіння підщепи плодових культур та викопування їх саджанців.

# 1. РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНО - ВИРОБНИЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ВИЗНАЧЕННЯ СТАТИСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФРАКЦІЙ ОЛІЙНОЇ СИРОВИНИ СОНЯШНИКУ

## **Актуальність досліджень**

Соняшник - основна олійна культура, яка виробляється і переробляється в Україні. Значну частку зібраного врожаю насіння соняшнику становлять неповноцінне насіння, сміттєві та олійні домішки. Причиною є несприятливі погодні умови, механічні пошкодження, умови збору, очищення та транспортування врожаю. Насіння соняшнику, отримане з бункера комбайна, в більшості випадків має підвищену вологість і містить значну кількість домішок. Тому, потрапляючи в бункер сухого насіння, рослинні залишки зволожують їх. Таке насіння вимагає обов'язкової попередньої очистки, так як в іншому випадку це призводить до самозігрівання, проростання, розвитку шкідників і хвороб, що найстрашніше, до підвищення кислотності, що значно погіршить якість готової продукції.

**Мета дослідження** – аналіз статистичних характеристик фракцій олійної сировини соняшнику, що надходить на зерноочисні комплекси та олійноекстракційний завод Запорізької області.

**Об'єкт дослідження** – олійна сировина соняшнику господарств Запорізької області.

## **Програма досліджень.**

Для технологічного контролю зразки насіння соняшнику відбираються від кожної машини. Відбір і аналіз зразків насіння виконується у відповідно до діючих стандартних методик [ 8, 9].

Взяття проб після збирання врожаю комбайнами.

Визначення чистоти та фракційного складу насіннєвого матеріалу.

## Методика досліджень.

Для технологічного контролю зразки насіння соняшнику відбираються від кожного транспортного засобу. Відбір та аналіз зразків насіння виконується відповідно до чинних стандартними методиками (ГОСТ 10852-86, ГОСТ 10854-88).

## Результати досліджень

Якість вхідного матеріалу, що надійшов після збирального комбайна, визначали за результатами аналізу відібраних з нього зразків, схему складання вхідного зразка виконували відповідно до ДСТУ [1, 2, 3].

Взяття проб здійснювалося у відповідності з методикою, вибірка становила 60 проб з насіннєвим матеріалом.

Відповідно до методики визначався процентний вміст:

- насіння повноцінного -  $M_{np}$ , %;
- олійної домішки -  $m_{од}$ , %;
- крупної сміттевої домішки –  $m_{кд}$ , %;
- проходу сита діаметром 3 мм –  $m_{пс}$ , %;
- легкої домішки -  $m_{лд}$ , %;
- сміттєві домішки –  $m_{сд}$ , %;
- чистоти насіння –  $Z$ , %.

В результаті проведених лабораторно - виробничих досліджень на Мелітопольському олійноекстракційному заводі (ММЕЗ) були вивчені якісні показники соняшнику, що надходить з різних областей України. Взяття проб у відповідності до методики здійснювалась з 60 автомашин з серпня по жовтень 2014 року. Результати досліджень показників якості насіння наведені в таблиці 1.1.

За результатами випробувань визначалось математичне очікування -  $m$ , максимальне  $max$  і мінімальне  $min$  значення сторонніх домішок, середньоквадратичне відхилення –  $\sigma$  та коефіцієнт варіації –  $v$ .

Відомість результатів лабораторних досліджень якісних характеристик фракцій вороху насіння соняшнику та його чистоти

№ п/п	Насіння повноцінні $M_{нп}$ , %.	Олійна домішка тод, %	Крупна смітцева домішка <sub>кд</sub> , %	Прохід через сито $\varnothing 3\text{мм}$ тпс, %	Легка домішка тлд, %	Смітцева домішка тсд, %	Чистота $Z$ , %
m	88,503	4,355	2,99	4,231	0,064	7,237	<b>92,76</b>
min	68,7	0,76	0,76	0,3	0,010	2,1	<b>84,6</b>
max	96,8	11,27	6,0	19,13	0,150	22,48	<b>97,1</b>
$\sigma$	5,07	2,37	1,75	3,198	0,039	3,778	<b>3,778</b>
$v$	5,73	54,41	58,496	75,597	59,47	52,208	<b>4,073</b>

Так, аналіз надходження на склад повноцінного насіння в вихідному матеріалі (табл.1.1, рис.1), показує, що найвищий їх відсоток склав  $M_{нп(max)}$  -96,8% при математичному очікуванні  $M_{нп(ср)}$  -88,503%, а мінімальне значення  $M_{нп(min)}$  - 68,7. При цьому, середньоквадратичне відхилення -  $\sigma$  - склало 5,07%, а коефіцієнт варіації  $v$  -5,73%.

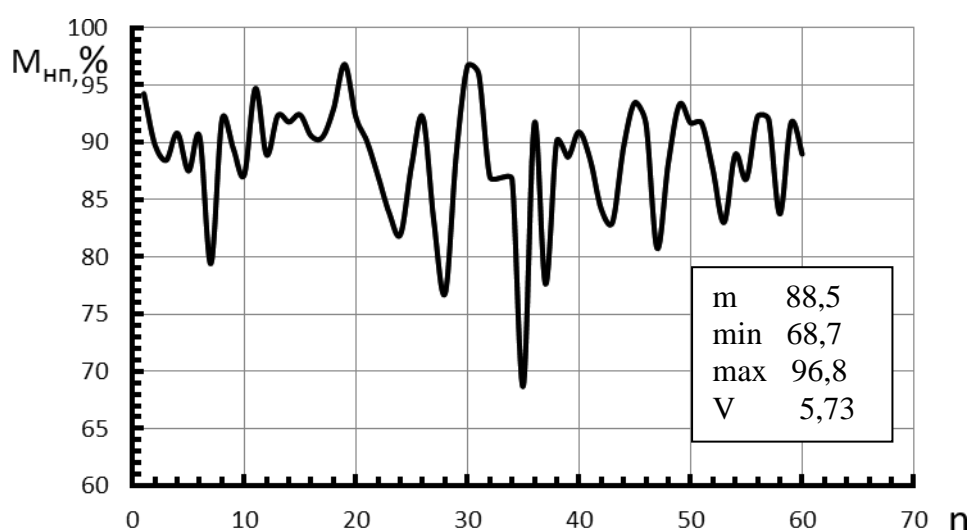


Рис. 1 – Статистичні характеристики повноцінного насіння



Окремим пунктом слід зазначити олійну домішку  $m_{од}$ .

Так, при подальшій переробки, виникає необхідність її використання на протязі перших 24 годин. При закладанні на тривале зберігання, як резерв виробництва, така домішка повинна бути вилучена з вороху соняшника.

А за результатами польових випробувань олійна домішка  $m_{од}$  у вхідному матеріалі (табл.1.1, рис.2), складала: по математичному очікуванню -  $m_{од(ср)}$  - 4,355 %, максимальне значення  $m_{од(max)}$  - 11,27 %, мінімальне значення -  $m_{од(min)}$  - 0,76 %, при середньоквадратичне відхиленні -  $\sigma$  - 2,37 % і коефіцієнті варіації  $v$  - 54,41 %.



Рис. 2 - Статистичні характеристики олійної домішки

Коефіцієнт варіації має досить високе значення, що свідчить про досить широкий розкид олійної домішки в сировині. Представлені результати свідчать про те, що відповідно до агротехнічних вимог [9], олійна домішка в вхідному матеріалі не повинна перевищувати: для умов півдня України більш 3%, по всіх регіонах країни - більше 3,5 %. Як бачимо, зміст олійної домішки значно перевищує показники агротехнічних вимог.

Крупна сміттєва домішка  $m_{кд}$  у вхідному матеріалі (табл. 1.1, рис.3),

склала: з математичного очікування  $m_{\text{кд(ср)}} - 2,99\%$ , максимальне значення  $m_{\text{кд(max)}} - 6,0\%$ , мінімальне значення -  $m_{\text{кд(min)}} - 0,76\%$ , при середньоквадратичне відхилення  $\sigma - 1,75 \%$  і коефіцієнті варіації  $v - 58,496 \%$ .

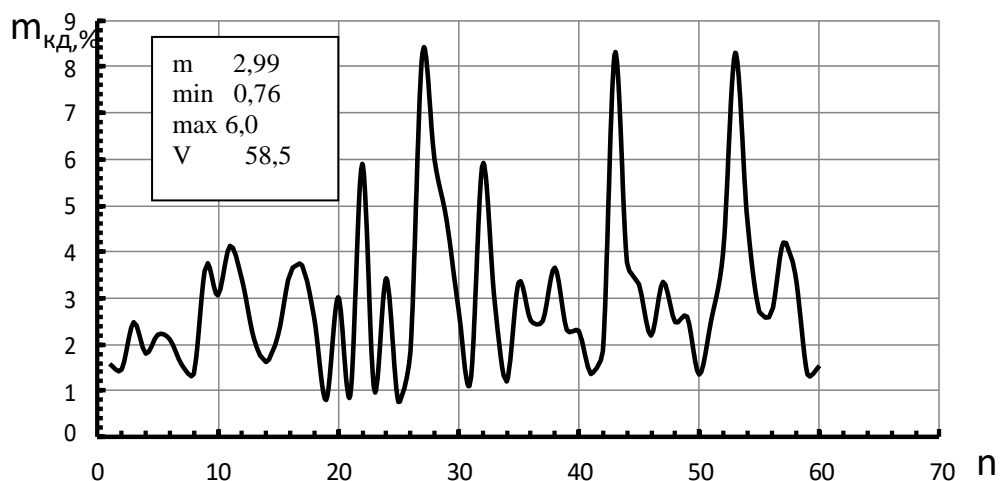


Рис. 3 - Статистичні характеристики крупної смітцевої домішки

Легка домішка або лущиння (табл. 1.1., рис.4) склала: з математичного очікування  $m_{\text{лд(ср)}} - 0,064 \%$ , максимальне значення  $m_{\text{лд(max)}} - 0,150\%$ , мінімальне значення -  $m_{\text{лд(min)}} - 0,010\%$ , середньоквадратичне відхилення  $\sigma - 0,039 \%$  і коефіцієнт варіації  $v - 59,47 \%$ .

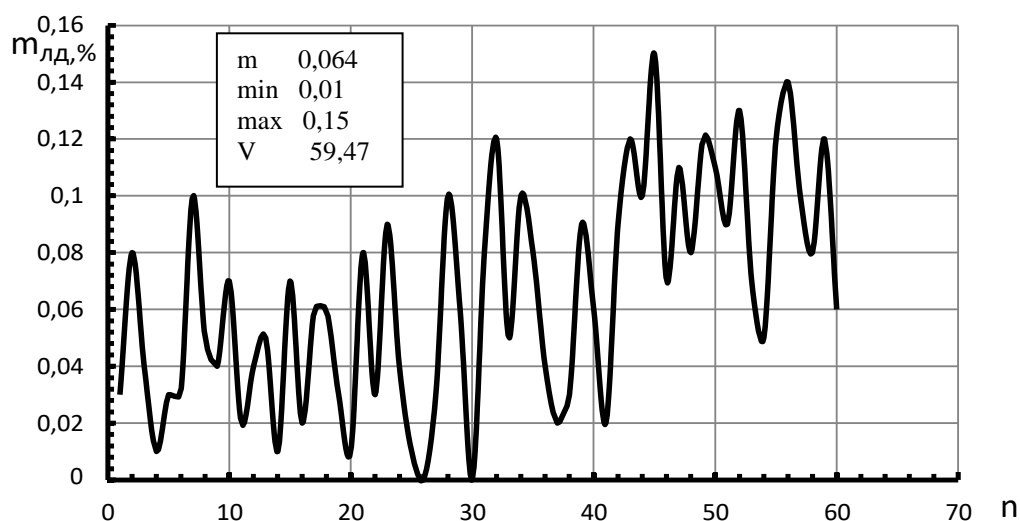


Рис. 4 - Статистичні характеристики легкої домішки

Прохід через сито  $\text{Ø}3\text{мм}$ ,  $m_{\text{пс}}$ , у вихідному матеріалі (табл. 1.1, рис.4), складала: по математичному очікуванню  $m_{\text{пс(ср)}}$  - 4,23% , максимальне значення  $m_{\text{пс(max)}}$  - 19,13%, мінімальне значення -  $m_{\text{пс(min)}}$  - 0,3%, середньоквадратичне відхилення -  $\sigma$  - 3,198% і коефіцієнт варіації  $v$  - 75,597 %.

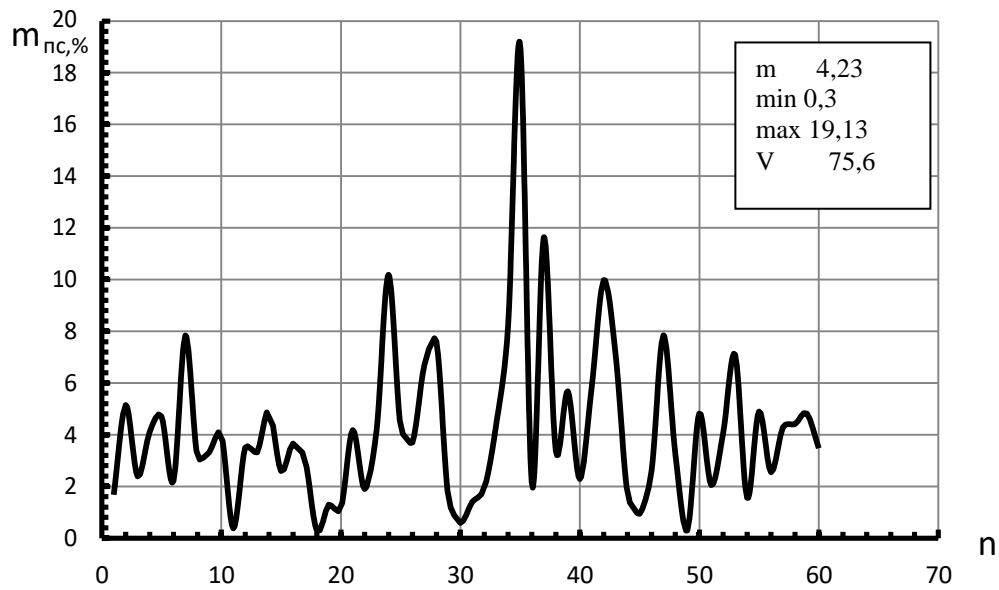


Рис.5- Статистичні характеристики проходу через сито  $\text{Ø}3\text{мм}$

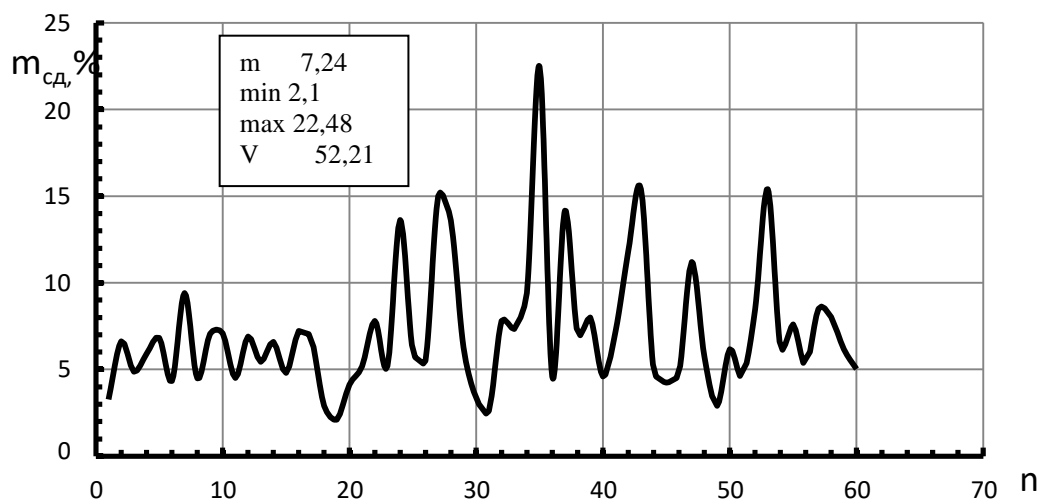


Рис. 6 - Статистичні характеристики смітцевої домішки

Смітцева домішка  $m_{\text{сд}}$  (табл. 1.1., рис.6), складала: по математичному очікуванню  $m_{\text{сд(ср)}}$  - 7,237% , максимальне значення  $m_{\text{сд(max)}}$  - 22,48%, мінімальне значення  $m_{\text{сд(min)}}$  - 2,1%, при середньоквадратичному відхиленні  $\sigma$  - 3,778% і коефіцієнті варіації  $v$  - 52,208%.

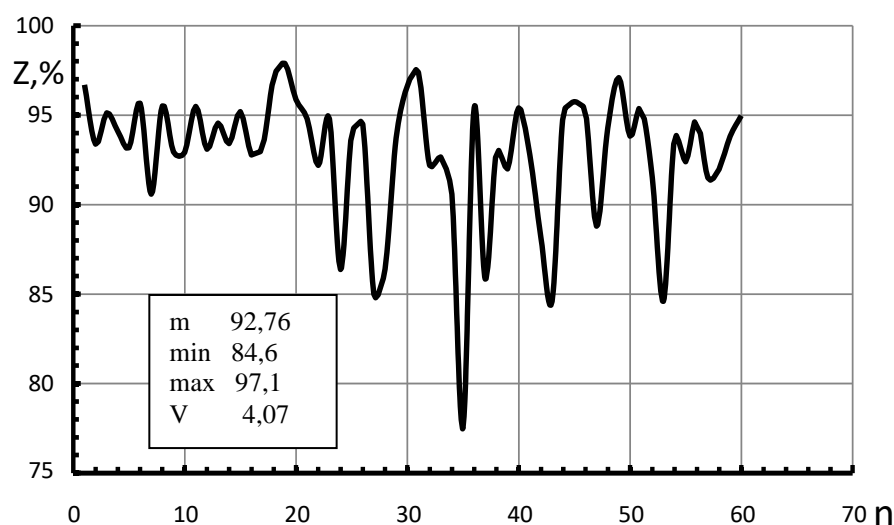


Рис.7 – Статистичні характеристики чистоти сировини

Таким чином, чистота вихідного матеріалу (табл. 1.1., рис.7), склала: по математичному очікуванню  $Z_{(cp)}$  - 92,762 % , максимальне значені  $Z_{(max)}$  - 97,1%, мінімальне значення  $Z_{(min)}$  - 84,6 % , при середньоквадратичному відхиленні  $\sigma$  - 3,778 % і коефіцієнті варіації  $\nu$  - 4,073 %.

## 1.5. Висновки

1. Аналізуючи фракції складових вороху соняшнику, можна зробити висновок, що чистота вихідного матеріалу 92,8 % , max - 97,1 % , min - 84,6 % . А засміченість 7,2 % , при цьому max - 22,5% , а min = 2,1 % .

2. Аналіз засмічених домішок показав, що вміст в них крупної смітної домішки склало - 2,99 % , проходу через сито  $\text{Ø}3\text{мм}$  - 4,231 % , легкої домішки - 0,064 % . Олійної домішки у вихідному матеріалі виявилось - 4,355 % .

3. З аналізу загальної кількості домішок, що в купі соняшника: олійної домішки у вихідному матеріалі - 37,25 % , крупної смітної домішки - 25,7 % , проходу через сито  $\text{Ø}3\text{мм}$  - 36,5% , легких домішок - 0,55 % .

## 2. ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ, РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ V- ПОДІБНОГО РОЗПУШУВАЧА СМУГИ ҐРУНТУ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ STRIP-TILL

### Актуальність досліджень

Смугове розпушення Strip-Till – це метод обробітку ґрунту, який є багатобічним для сучасних землеробів. Він поєднує в собі переваги нульової технології і традиційного обробітку ґрунту. Технологія Strip-Till досить популярна в Північній Америці та державах Західної Європи де вона вже багато років використовується на вирощуванні таких просяпних культур як кукурудза, соняшник, цукровий буряк, соя.

Технологія передбачає розпушення окремих смуг, в які потім за допомогою машин, оснащених навігаційним обладнанням, висівають культурні рослини. При цьому приблизно 2/3 поля залишають не обробленими. За правило, при смуговому розпушенні обробіток ґрунту складається тільки з двох операцій: розпушення восени або весною і посів в розпушені смуг.

Смугова технологія зберігає природну родючість, зменшує ерозію ґрунту, дозволяє суттєво економити на пальному. Окрім того, система сприяє збільшенню популяції корисних мікробів.

Оглядом літературних джерел нами встановлено, що малі ґрунтообробні машини для використання в системі Strip-Till промисловість не випускає. Тому, проблема створення такої машини існує.

**Метою роботи** є обґрунтування раціональних конструктивних параметрів, розробка конструкції та дослідження малого ґрунтообробного агрегату для використання в системі Strip-Till, який забезпечує задану якість розпушення та утворює профіль борозни, що запобігає ерозії ґрунту.

**Об'єктом дослідження** є технологічний процес взаємодії запропонованого ґрунтообробного агрегату з ґрунтом.

## **Програма досліджень**

- провести огляд конструкцій робочих органів на предмет можливості використання в агрегаті для технології Strip-Till;
- обґрунтувати та розробити власну конструкцію агрегату ;
- аналітично дослідити роботу та обґрунтувати його раціональні параметри;
- розробити методики експериментальних досліджень;
- провести польові експерименти на підтвердження розроблених аналітичних моделей.

## **Методика досліджень.**

Методика досліджень базується на ГОСТ 24055 - 88, ОСТ 70.4.1- 80, ГОСТ 24057 – 88, ГОСТ 20915-75, ДСТУ 4397: 2005 [13, 14, 15, 16, 17]

## **Результати досліджень**

**Аналіз відомих систем обробітку ґрунту.** Одним з перспективних шляхів покращення родючості ґрунту є впровадження органічного землеробства. Під органічним землеробством розуміють метод ведення сільського господарства, який виключає застосування пестицидів, гербіцидів, хімічних добрив, регуляторів росту, а також генно-модифікованого посівного матеріалу. Застосовують тільки органічні біодобрива і біопрепарати для удобрення ґрунту і захисту рослин від хвороб і шкідників.

Як показав аналіз джерел [17] обробіток ґрунту в умовах органічного землеробства має декілька видів:

- традиційний полицевий обробіток;
- поверхневий до 18 см;
- Mini-Till - мінімальний поверхневий обробіток до 5 см;
- Strip-Till - смугове розпушення на глибину до 30 см;
- No-Till - повна відмова від обробітку.

За традиційної системи на оброблюваних угіддях регулярно застосовують

оранку. Ця система сприяє утворенню поверхні майже повністю вільної від пожнивних решток. Однак витрати на такий обробіток значно вищі, ніж за інших систем, тому що часто потрібно вживати додаткових заходів із обробітку ґрунту.

Мінімальний обробіток ґрунту часто ще називають "консервуючим". Різниця між мінімальним та безплужним обробітками, перш за все, полягає в інтенсивності та, особливо, в глибині обробітку. Якщо мінімальна система спрямована на те, щоб обробляти верхній шар ґрунту з пророслим корінням (0-30 см) із певним розривом, то за системою Mini-Till потрібно проводити лише один обробіток на глибину закладання насіння (3-10 см).

Система нульового обробітку ґрунту також відома як No-Till — сучасна система [землеробства](#) за якої ґрунт не ореється, а поверхня землі вкривається шаром спеціально подрібнених залишків рослин — мульчею. Оскільки верхній шар ґрунту не пошкоджується, така система землеробства запобігає водній та вітровій ерозії ґрунтів, а також значно краще зберігає воду. Тому нульовий обробіток найдоцільніше застосовувати в посушливих місцевостях, а також, навпаки, на розташованих на схилах полях в умовах вологого клімату. Хоча врожайність за цієї системи часом дещо нижча, ніж при використанні сучасних методів традиційного землеробства, але такий обробіток землі вимагає значно менших витрат праці та пального. Нульовий обробіток ґрунту є сучасною, досить складною системою землеробства, яка вимагає спеціальної техніки та дотримання технологій і аж ніяк не зводиться до простої відмови від оранки. Зараз ця система набуває популярності і в Україні.

*Переваги No-Till.* Система нульового обробку ґрунту має ряд переваг порівняно з традиційною, що ґрунтується на оранці: - економія ресурсів - пального, добрива, трудозатрат, часу, зниження амортизаційних витрат; - зниження витрат значно перевищує незначне зниження врожайності і відповідно підвищується рентабельність; збереження та відновлення родючого шару ґрунту; зниження або ж навіть повне запобігання ерозії ґрунтів; накопичення вологи в ґрунті, що особливо актуально в умовах степу і відповідно помітне зниження залежності урожаю від погодних умов; збільшення врожайності культур за рахунок вищезгада-

них факторів

*Недоліки No-Till.* Система нульового обробітку непридатна на надміру зволжених, заболочених ґрунтах. В таких місцях вона може використовуватися лише за умови створення хороших дренажних систем. Відповідно на таких ґрунтах доцільно або ж вести сільське господарство традиційним способом з оранкою, або ж вкладати значні кошти в дренаж ґрунтів.

Відносним недоліком системи нульового обробітку ґрунту є її відносна складність та необхідність суворого дотримання агрокультури. Сівозміни, види та норми використання отрутохімкатів тощо мають бути підібрані спеціально для конкретного господарства з урахування клімату, ґрунтів, звичних в цій місцевості бур'янів і шкідників та інших факторів.

Система Strip-Till в певній мірі компенсує недоліки No-Till при збереженні більшості її позитивних якостей. Технологія Strip-Till передбачає нарізання механічно оброблених і не оброблених смуг завширшки 200 – 300 мм. Оброблена смуга використовується для вирощування корисних культур, на необробленій – залишається стерня попередника і вона служить для накопичення корисних речовин. Таким чином в залежності від співвідношення ширини смуг залишається не обробленим від 50 до 70% поверхні поля, на якій повністю зберігаються природні біологічні процеси.

**Дослідження ефективності впровадження технології Strip Till.** Дослідження ефективності впровадження технології Strip Till виконані рядом дослідників [8,9,17 та ін.]. В основному дослідження стосуються порівняння Strip-Till з Mini-Till та No-Till.

Дослідженнями доведено, що за всіма наведеними технологіями можна вирощувати практично всі відомі сільськогосподарські культури, Проте, реакція буде різною.

Вид обробітку ґрунту суттєво впливає на врожайність конкретних сільськогосподарських культур. Так, біологічний врожай кукурудзи за системою Strip-till в середньому більше на 20ц/га від Mini-till і на 30-40 ц/га більше за No-till [8]. На глибокий суцільний обробіток більш позитивно реагує, наприклад, цукро-



вий буряк. Це пояснюється тим, що в процесі зростання коренеплід набирає великий об'єм і тому він вимагає суцільного розпушення на глибину до 32 см.

На столові коренеплоди вид обробітку впливає не суттєво, в межах 5 – 10%, що практично знаходиться в межах точності експерименту.

Цибулеві культури (цибуля, часник) на Strip-Till дають кращі врожаї. В середньому за різними джерелами 230-25% більше за Mini-Till і до 35% більше за No-Till. Глибокий обробіток під ці культури не практикують.

Аналогічні дані отримані стосовно і інших культур.

Важливим показником є енергетичні витрати на технологію. Зрозуміло, що при No-Till вони, що стосуються ґрунтообробки, мінімальні. Технологія Strip-Till дає в порівнянні з Mini-Till на 50-70% зменшення енерговитрат в залежності від співвідношення ширини оброблених та необроблених смуг.



Рис. 2.1. - Загальний вид плантації, обробленої за технологією Strip-Till

## 2.5. Результати експериментальних досліджень

**Механіко-технологічні властивості агрофону.** Експериментальні дослідження проводились на дослідній ділянці ДП «Гуляйпільський механічний завод» ПАТ «Мотор-Січ». Показники агрофону визначались у відповідності до методик.

Умови проведення досліджень:

Тип ґрунту – чорнозем звичайний середньо суглинистий

Питома вага ґрунту – 1,3 г/см<sup>3</sup>

Ширина смуги – 25 см

Глибина обробітку – 18 см (по осі смуги)

Кількість рослин на 1 см<sup>2</sup> (табл.2.1.) визначалась шляхом накладання на поверхню поля рамки 25×25 см.

Таблиця 2.1.

### Кількість рослин на 1 см<sup>2</sup>

№	Підрахована кількість		В розрахунку на 1 см <sup>2</sup>	
	Пов'язані з кореневою системою	Не пов'язані з кореневою системою	Пов'язані з кореневою системою	Не пов'язані з кореневою системою
1	427	83	0,68	0,13
2	480	62	0,77	0,10
3	469	69	0,75	0,11
Середнє	458,7	71,3	0,73	0,11
Взагалом	530		0,848	

Аналіз наведених даних показує, що показник кількості рослин на 1 см<sup>2</sup> знаходиться в межах середнього по області [20].

Результати визначення питомого зчеплення часток ґрунту наведені в табл.2.2.

Таблиця 2.2

### Питоме зчеплення часток ґрунту на дослідній ділянці

№	Заміряна кількість ударів твердоміра ДорНДІ	Середня кількість ударів	Питоме зчеплення часток ґрунту, кН/м <sup>2</sup>
1	12	14	2,2
2	14		
3	18		
4	13		
5	17		
6	9		
7	11		
8	17		
9	15		

Середнє значення питомого зчеплення часток ґрунту знаходиться в межах середнього для чорнозему звичайного середньо суглинистого.

Результати визначення коефіцієнта зовнішнього тертя ковзання сталі по рослинним решткам представлені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

**Коефіцієнта зовнішнього тертя ковзання сталі по рослинним решткам  
(позначення у відповідності до ф-ли (3.1.))**

№	N, кг	F <sub>T</sub> , кг	f <sub>1</sub>	f <sub>1</sub> (середнє)
1	6,21	18,9	0,33	0,34
2	6,21	17,7	0,35	
3	8,21	23,0	0,36	
4	8,21	24,8	0,33	
5	9,21	27,4	0,34	

**Загальні результати досліджень.** Візуальним спостереженням за агрегатом встановлено, що якість роботи відповідає агротехнічним вимогам. Поверхня поля рівна і однорідна, огріхи відсутні (рис.2.2).



Рис. 2.2 – Ділянка смуги, що оброблена дослідною машиною

Агрегат стало виконує технологічний процес на швидкостях у діапазоні робочих швидкостей від 0,5 до 1,5 м/с. Шлях занурення на робочу глибину 18 см становить 0.7 м при роботі на всьому діапазоні швидкостей. Машина добре реа-

гує на дії оператора по корегуванню напрямку руху в межах до 10 градусів. При більшому куті повороту необхідно докладати зусилля оператора, бо використаний в експерименті мотоблок малопотужний.

Аналіз фото на рис.2.2 показує, що крупні глиби відсутні, рослинні практично повністю присипані ґрунтом.

**Результати заміру амплітуди коливань.** Експеримент виконаний на підтвердження гіпотези, що амплітуда коливань не залежить від швидкості робочого ходу агрегату. Результати замірювань представлені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4.

**Результати практичного визначення амплітуди коливань від жорсткості пружини**

C, кН/см	V <sub>P</sub> , м/с	A, мм	A <sub>CP</sub> , мм	Δ, мм (нев'язка)	Δ <sup>2</sup>	σ
2,0	0,516	32	32,25	0,25	0,0625	0,74
	0,819	33		0,75	0,5625	
	1,010	30		2,25	5,0625	
	1,126	34		1,75	3,0625	
2,5	0,612	29	30,00	1,00	1,00	0,25
	0,863	30		0,00	0,00	
	0,906	30		0,00	0,00	
	1,214	31		1,00	1,00	

Аналіз даних таблиці показує, що середнє квадратичне відхилення результатів заміру амплітуди коливань при однакових значеннях жорсткості пружини не перевищує 1,0 % від номінального значення в діапазоні швидкостей від 0,5 до 1,2 м/с. Таким чином, можна стверджувати, що в означеному діапазоні швидкостей поступового руху агрегату амплітуда коливань від швидкості не залежить і в розрахунках час релаксації можна не враховувати.

Слід зазначити, що дослідженнями ряду авторів [18,23,24] саме цей діапазон амплітуди коливань визнано оптимальним.

**Висновки**

1. Технологія Strip-Till за результатами огляду досліджень має хороші перспективи до широкого розповсюдження в Україні, перш за все завдяки меншим

енерговитратам на технологічний процес. Не в останню чергу, вона важлива з точки зору збереження та відновлення родючості ґрунту.

2. Існуючі ґрунтообробні машини для використання в Strip-Till не залежно від зони застосування конструктивно діляться на осінні і весняні. Завдання осінніх – виконати глибоке розпушення і в разі потреби внести мінеральні добрива. Весною, агрегат виконує поверхнєве розпушення і механічно відокремлює розпушені і не розпушені смуги.

3. Як показує аналіз конструкцій машин для роботи в умовах Strip-till землеробства особливих інноваційних технічних рішень не спостерігається. Машина складається з системи гряділів, кількість яких відповідає кількості оброблюваних смуг. Кожен гряділь несе на собі комплект ґрунтообробних знарядь. Традиційно це різного виконання диски та долотоподібні розпушувачі. Стрільчасті лапи використовують рідко, у зв'язку з складністю адаптувати їх роботу у вузьких смугах.

4. Аналіз конструкцій та технічної літератури вказує на наявність проблеми боротьби з бур'янами в межах оброблених смуг.

5. Проведеними експериментальними дослідженнями в основному підтверджені висунуті в розрахунковій моделі гіпотези. Особливо важливим є те, що експериментально підтверджено, що амплітуда коливань в діапазоні швидкостей від 0,5 до 1,2 м/с не залежить від швидкості. Але, це ствердження підтверджено нами для діапазону жорсткості пружини від 1,0 до 3,0 кН/см.

6. Практично визначені механіко-технологічні властивості ґрунту знаходяться в межах практично обумовлених в аналітичній моделі.

7. Введення в конструкцію лиж замість опорних коліс виявилось виправданим. Конструкція машини значно спростилась і це зменшило тяговий опір на пересування агрегату.

### 3. ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ПАРАМЕТРІВ ФОРМИ ОРІЄНТУЮЧОГО ПРИСТРОЮ МАШИНИ ДЛЯ САДІННЯ ПІДЩЕП ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР

#### 3.1 Актуальність теми дослідження

У технологічному процесі вирощування саджанців, садіння підщеп є однією з найбільш трудомістких та відповідальних операцій, адже підщепа є основою плодового дерева. Відхилення висаджених підщеп від вертикальної осі є основним показником якості висаджених підщеп, який впливає на формування штабма майбутнього саджанця. Згідно нормативних вимог, відхилення висадженої підщепи від вертикальної осі не повинно перевищувати  $10^\circ$ . На сьогодні, у більшості розсадників садіння підщеп відбувається або вручну, або переобладнаними машинами для садіння розсади, або машинами для садіння підщеп, які не забезпечують даної вимоги [1]. Оскільки вітчизняна промисловість не випускає машини для садіння, то існує потреба вдосконалення існуючих засобів механізації садіння підщеп, що забезпечать дотримання нормативних вимог щодо якості висаджених підщеп [2].

**Мета дослідження** – підвищити якість садіння підщеп плодових культур шляхом аналізу взаємодії підщепи з рухомими частинами орієнтуючого пристрою садильного апарата, які впливають на переміщення підщепи у просторі та можуть призводити до анатомічних змін її фізичного стану.

**Об'єкт дослідження** – процес садіння підщеп плодових культур у перше поле розсадника апаратом дискового типу.

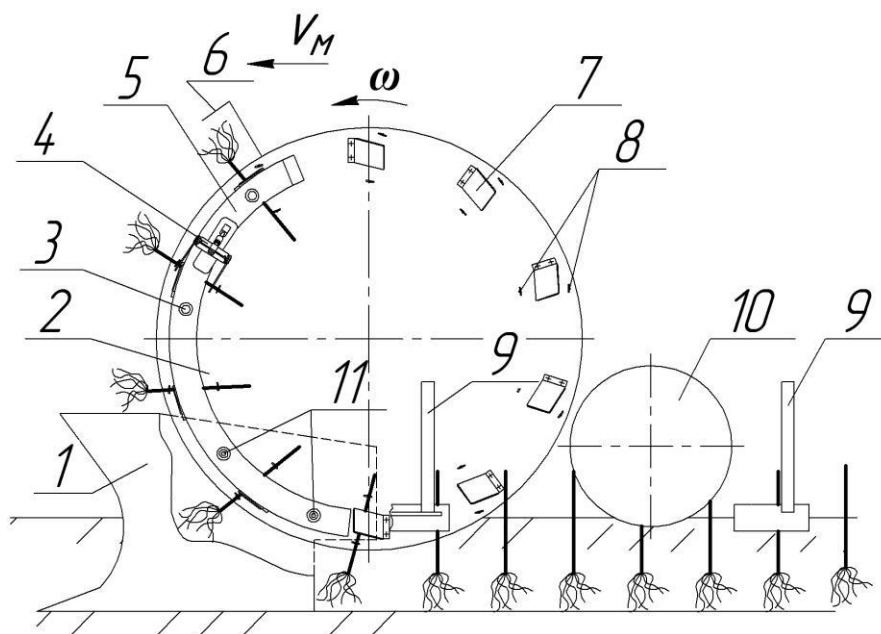
#### **Програма досліджень.**

Обґрунтувати конструкцію пружини орієнтуючого пристрою, який застосовується для повертання підщеп у захватах садильного апарата машини для садіння підщеп. Визначити вхідні параметри для проведення процедури оптимізації форми пружини пристрою удосконаленої конструкції.

## Методика досліджень.

В [1] наведено функціональну модель процесу садіння підщеп та визначено, що найбільш придатними для внесення конструктивних змін є машини, що мають садильний апарат дискового типу з радіально розташованими захватами. За прототип було обрано садильний апарат дискового типу машини МПП-4, опис якого наведено у [3,4]. В результаті аналізу функціональної моделі у [5] встановлено, що елементи, які забезпечують основні функції процесу садіння знаходяться в конструкції садильного апарату.

У праці [6] встановлено, що при садінні підщеп апаратом дискового типу для того, щоб підщепа була висаджена з відхиленням від вертикальної осі до  $10^\circ$ , вона повинна бути нахилена у захваті на кут  $\beta$  у межах від  $20^\circ$  до  $30^\circ$  відносно радіуса диска у протилежну сторону руху машини. Для того, щоб забезпечити функцію повертання підщеп у захватах у межах кута  $\beta$ , у конструкції садильного апарату (рис.1) запропоновано використовувати орієнтуючий пристрій [7] (рис.2).



1 – сошник; 2 – диск садильного апарату; 3 – плунжерний фіксатор;  
4 – орієнтуючий пристрій; 5 – копір; 6 – обмежувач вкладання підщеп у захвати;  
7 – захват; 8 – упори; 9 – загортачі; 10 – прикочуючі котки; 11 – пружини.

Рис. 1. Конструктивно – технологічна схема секції садильної машини:

Орієнтуючий пристрій (рис.2.) складається з основи 1, яка встановлюється на копір 6 під кутом установки упорів 9. Упори 9 встановлені навколо центра захвата 7 під кутом  $\beta$ . Для доведення підщеп до упорів 9 використовується пружина 4, яка встановлюється на кріпленні 5 і впирається на диск садильного апарата 10.

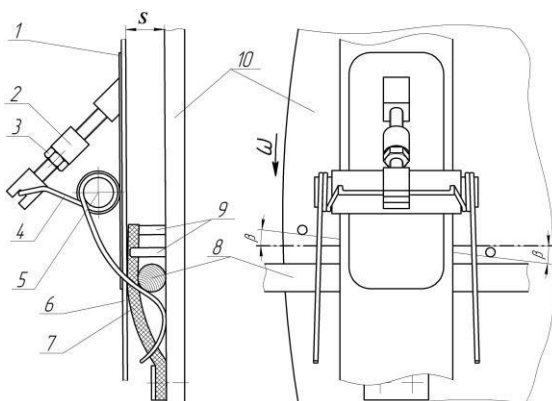


Рис.2. Схема орієнтуючого пристрою: 1 – основа; 2 – болт, яким регулюється притискна сила пружини на підщепи; 3 – гайка; 4 – пружина; 5 – механізм кріплення пружини; 6 – копір; 7 – захват; 8 – підщепа; 9 – упори; 10 – диск садильного апарата;  $S$  – зазор між диском та копіром.

Пружина 4 є основним елементом орієнтуючого пристрою і складається з циліндричної частини у зоні кріплення з основою 1 та нециліндричної (робочої) частини, у вигляді двох «гакоподібних» напрямних. Стабільність процесу роботи орієнтуючого пристрою залежить від притискної сили пружини, значення якої регулюється упорним болтом 2 та гайкою 3.

На рис. 3. показано процес повертання підщепи у захваті орієнтуючим пристроєм, який можна розділити на три фази: *I фаза* – зсув підщепи по поверхні диска до фіксації упорами; *II фаза* – ковзання пружини по поверхні підщепи; *III фаза* – зісковзування пружини з поверхні підщепи [8].

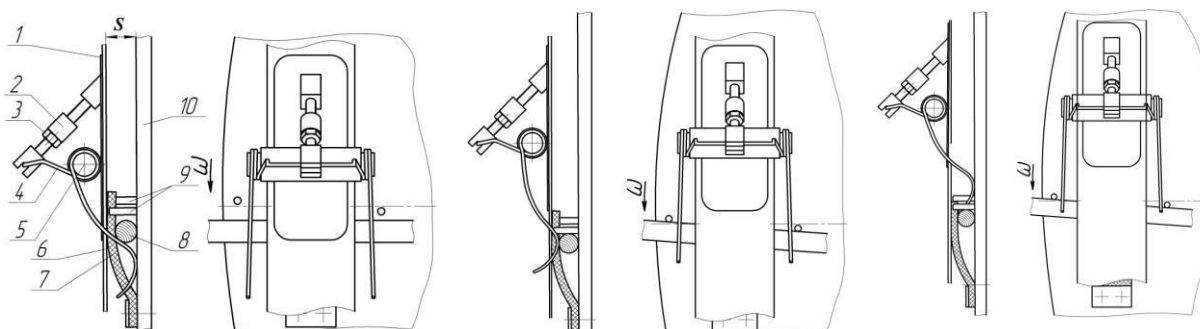




Рис. 3. Процес повертання підщепи орієнтуючим пристроєм.

Параметри форми робочої частини пружини (тієї частини пружини, що безпосередньо контактує з підщепами у процесі їх повертання) (рис.4), визначені у [8].

Ефективність процесу роботи садильного апарата з орієнтуючим пристроєм розробленої конструкції доведена у роботі [9].

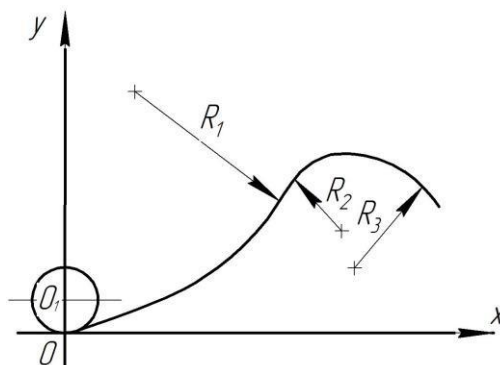


Рис.4. Параметри форми робочої частини пружини орієнтуючого пристрою:  $R_1$  - радіус що забезпечує зсув підщепи по диску;  $R_2$  - радіус що забезпечує відхилення пружини від поверхні диска;  $R_3$  - радіус що забезпечує безударне повертання пружини у вихідне положення;  $L$  - загальна довжина нециліндричної частини пружини.

Для зменшення ступеня пошкодження тканин підщеп при взаємодії з пружиною, пропонується при виготовленні пружини в зоні безпосереднього контакту пружини з підщепами на ділянках, що визначаються радіусами  $R_2$  та  $R_3$  (рис.4) збільшити площу поперечного перерізу дроту пружини, а сам поперечний переріз дроту представити не у формі кола, а у формі еліпса (рис.5).

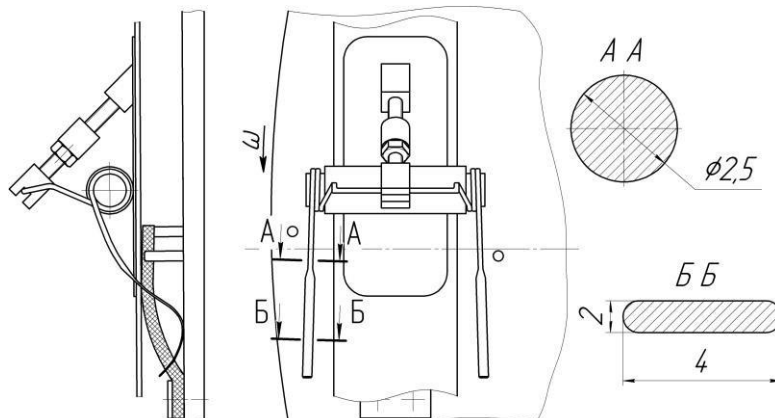


Рис.5. Удосконалена конструкція поперечного перерізу робочої частини пружини орієнтуючого пристрою.

Встановимо, чи зміниться параметри форми робочої частини пружини ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  та  $L$ ) при зміні поперечного профілю дроту.

Представимо поверхню підщепи площиною  $\pi$ , а поверхню пружини в точці дотику приблизно еліптичним параболоїдом (рис. 6).

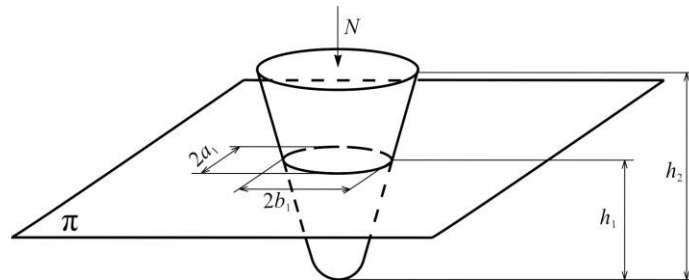


Рис. 6. Заміна поверхонь підщепи та пружини в точці дотику еквівалентною парою поверхонь.

Нехай крива в точці дотику, що описує форму пружини має радіус

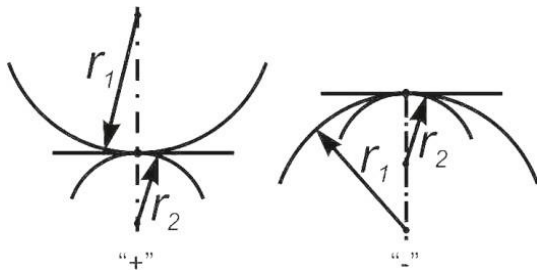


Рис. 7. Схема осьового перерізу взаємодії підщепи з пружиною.

кривизни  $r_1$ , кривизну перетину циліндричної поверхні (підщепи) в площині, перпендикулярній осі цієї поверхні  $r_2$  і крива притискається до поверхні із силою  $N$ .

Встановимо, як залежить глибина входження параболоїда від сили тиску пружини.

Нехай на глибині  $h_1$  прогин приблизно можна представити у вигляді еліпса з напівосями  $a_1$  та  $b_1$ , притискна сила при цьому дорівнює  $N$ .

Середній по перетину прогин визначиться [10]:

$$\frac{1}{\pi a b} \int_{-a}^a dx \int_{-\frac{b_1}{a_1} \sqrt{a_1^2 - x^2}}^{\frac{b_1}{a_1} \sqrt{a_1^2 - x^2}} h \left( 1 - \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} \right) dy = \frac{h a b}{\pi a b} \int_{-1}^1 dx \int_{-\sqrt{1-x^2}}^{\sqrt{1-x^2}} h (1 - x^2 - y^2) dy = \quad (1)$$

$$= \frac{h_1}{\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^1 (1 - \rho^2) \rho d\rho d\varphi = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} \frac{1}{2} d\varphi = \frac{1}{2}.$$

Тобто, середній прогин не залежить від півосей та пропорційний максима-

льній глибині входження параболоїду. Кожна з півосей перетину пропорційна  $\sqrt{h}$ , тому площа перетину поверхонь пропорційна глибині заглиблення параболоїда.

Таким чином, сила тиску  $N$  параболоїда пропорційна середній глибині деформації площини  $\pi$  та площі перетину, тому

$$N \sim h \cdot h = h^2 .$$

Звідси

$$h \sim N^{1/2} .$$

В одному з напрямків контакт дроту пружини з поверхнею підщепи має взаємну кривизну (геометричну різницю кривизн)  $2/d$ , де  $d$  – поперечний переріз дроту. У перпендикулярному напрямку у точці дотику криві також відрізняються одна від одної, як і дуга кола від власної дотичної. Знак «+» буде, якщо центри відповідних кіл, що апроксимують криві в околі точки дотику, лежать по різні боки від загальної дотичної та «-», якщо у протилежному випадку (рис.7).

Тоді геометрична різниця кривин визначиться

$$k_{геом} = \frac{1}{\left| \frac{1}{r_1} \pm \frac{1}{r_2} \right|} .$$

Визначимо, як залежить глибина деформації площини  $\pi$  при заданій силі  $N$  від зміни кривизни в напрямку півосі  $a_1$ , якщо інша кривизна залишається незмінною. Нехай ця кривизна збільшилася у  $n$  разів. Вираз для кривизни у вершині параболу  $y = ax^2$ . Тоді, згідно з [11]

$$k_{геом} = \frac{2a}{(1 + 4a^2x^2)^{3/2}} = \frac{y''}{(1 + y')^{3/2}} = 2a .$$

Тобто, при однаковій глибині деформації довжина півосі  $a_1$  зменшиться у  $\sqrt{n}$  разів. Враховуючи, що притискна при цьому залишилась незмінною, отримаємо, що на одиницю площі перетину, що відповідає заданій глибині, приходить у  $\sqrt{n}$  разів більше притискної сили. Площа перетину пропорційна глибині деформації, отже, рівновага наступить, якщо глибина зросте у  $\sqrt[4]{n}$  разів.

Узагальнюючи наведене, отримаємо, що тиск у точці дотику буде пропорційний наступній залежності

$$P \sim \left| N \sqrt{\left( \frac{1}{r_1} \pm \frac{1}{r_2} \right)} \right|^{1/2}, \quad (2)$$

де знак між оберненими радіусами буде «+», якщо центри кривизни кривих знаходяться по різні сторони від загальної дотичної, та «-», якщо у протилежному випадку (див.рис.6).

Оскільки функція  $f(t) = \sqrt{t}$  є монотонно зростаючою, то замість мінімізації (2) достатньо мінімізувати величину

$$N \sqrt{\left( \frac{1}{r_1} \pm \frac{1}{r_2} \right)}.$$

Тоді, якщо  $r_1$  та  $r_2$  – радіуси кривизн перетинів еквівалентних поверхонь, а  $R_{кр}$ ,  $R$  – радіуси перетину кривизн пружини та підщепи, то визначення оптимальної форми кривої нециліндричної частини пружини зводиться до оптимізації наступної цільової функції

$$\max_x \max_{R_{\min} \leq R \leq R_{\max}} \left| N \sqrt{\left( \frac{1}{R_{кр}} \pm \frac{1}{R} \right)} \right| \rightarrow \min, \quad (3)$$

**Результати досліджень.** Вираз (3) є цільовою функцією оптимізації параметрів форми пружини з поперечним перерізом дроту у вигляді кола. Дану цільову функцію вирішено у роботі [8] при таких вхідних параметрах:  $D_{min} = 4$  мм;  $D_{max} = 16$  мм;  $k = 5$  Н·м/рад;  $N_2 = 20$  Н;  $k_p = 2,5$  Н/мм;  $\mu_1 = 0,23$ ;  $\mu_2 = 0,23$ ;  $\mu_3 = 0,36$ ;  $L_{min} = 20$  мм;  $L_{max} = 125$  мм;  $K = 2$ ;  $D_{цил} = 15$  мм;  $d = 2,5$  мм.

Де  $D_{min}, D_{max}$  – найменший та найбільший діаметр підщепи, м;  $k$  – кутова жорсткість пружини, Н·м/рад;  $N_2$  – сила тиску копіра на підщепу, Н;  $k_p$  – жорсткість пружини плунжерних фіксаторів, Н/м;  $\mu_1, \mu_2, \mu_3$  – коефіцієнти тертя підщепи по диску, клапану захвата і пружині відповідно;  $K$  – коефіцієнт запасу сили тиску пружини;  $L_{min}$  – найменша відстань від бічної поверхні підщепи до упорів, м;  $L_{max}$  – найбільша довжина нециліндричної частини пружини, м;  $D_{цил}$  –

діаметр циліндричної частини пружини, м;  $d$  – діаметр дроту пружини, м.

У результаті отримані параметри форми робочої частини пружини, які представлені на рис.8. Таким чином, у вхідних параметрах процедури оптимізації форми робочої частини пружини зміниться тільки значення площі поперечного профілю пружини, а інші параметри залишаться незмінними.

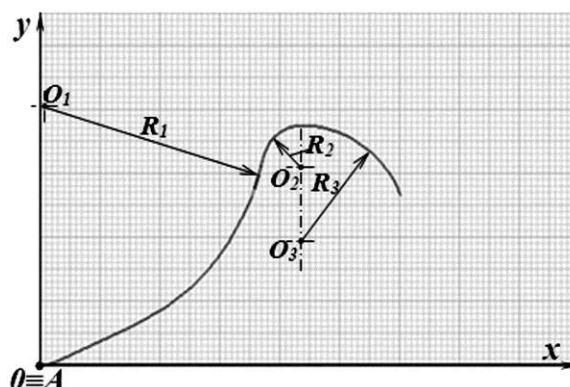


Рис.8. Результат побудови в автоматизованому режимі робочої частини пружини орієнтуючого пристрою:  $R_1 = 37$  мм;  $R_2 = 7$  мм;  $R_3 = 18$ ;  $L = 77$  мм.

## Висновки

1. Встановлено, що для зменшення ступеня пошкодження тканин підщеп при їх повертанні у захватах садильного апарата орієнтуючим пристроєм, необхідно поперечний переріз дроту робочої частини пружини орієнтуючого пристрою виготовити не у вигляді кола, а у вигляді еліпса шириною 4 мм та товщиною 2 мм.

2. Доведено, що при зміні форми поперечного профілю дроту пружини вхідні параметри процедури оптимізації форми її робочої частини не зміняться, зміниться тільки площа поперечного профілю дроту.

3. Для визначення необхідної притискної сили пружини зміненого поперечного перерізу на підщепи, що забезпечить максимальну стабільність процесу роботи орієнтуючого пристрою та мінімальний деформуючий вплив на провідні судини тканин підщеп необхідно провести додаткові експериментальні дослідження.

## **4.РОБОТА РУХОМОЇ СИЛИ НА ПЕРЕМІЩЕННЯ ҐРУНТУ З САДЖАНЦЕМ КОЛИВАЛЬНИМ РОЗПУШУВАЧЕМ ВИКОПУВАЛЬНОГО ПЛУГА**

### **Актуальність теми дослідження**

Технологічний процес викопування саджанців садових культур викопувальними знаряддями повинен вмщувати операції достатнього руйнування ґрунту навколо кореневої системи саджанця та переміщення його на поверхню борозни. Переміщення ґрунту з кореневою системою саджанця підчас викопування плугом здійснюється розпушувачем, який може коливатись. Такі умови переміщення дозволяють більш активно руйнувати ґрунт навколо кореневої системи саджанця. Затрати енергії на переміщення є складовою тягового зусилля, тому вони повинні бути мінімальними. Доцільно визначити складові рухомої сили для виявлення параметрів форми та положення розпушувача, які визначають роботу на переміщення ґрунту з саджанцем.

Забезпечення переміщення ґрунту, за умови підпору з боку незруйнованого ґрунтового середовища, розглянуто в роботах [1, 2, 3 ] як складове тягового зусилля. В перших двох роботах розглянуті умови переміщення ґрунту по поверхням параметри положення яких залишаються незмінними в останній змінюється. Це призводить до зміни зусиль на переміщення у складі тягового зусилля робочого органу. Перебіг змін зусиль на переміщення ґрунту потребують дослідження для з'ясування, які параметри робочих органів суттєво впливають на енергетику процесу.

### **Програма досліджень**

Програма досліджень передбачала:

– провести аналітичну оцінку роботи рухомої сили на переміщення ґрунту з саджанцем на поверхню борозни коливальним розпушувачем;

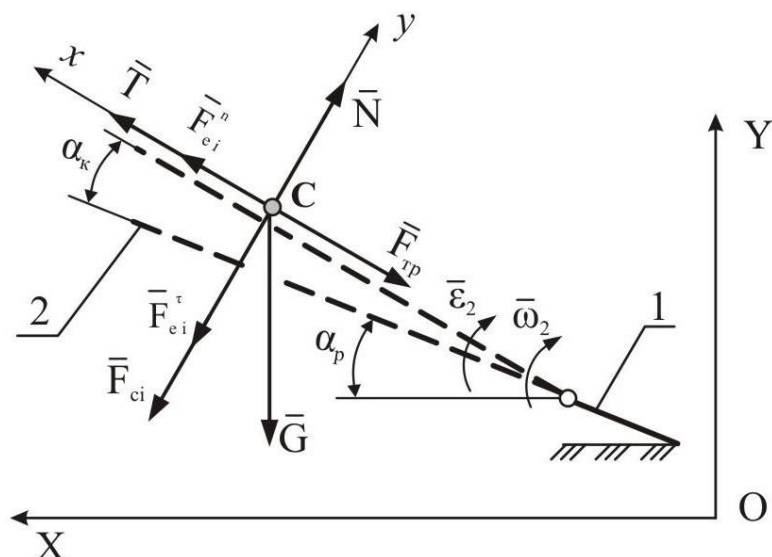
– провести розрахунки роботи складових рухомої сили для встановлення їх величини в залежності від конструктивних та кінематичних параметрів розпушувача;

### Методика досліджень

Методика аналітичних досліджень базується на законах динаміки з курсу теоретичної механіки та використанні чисельних методів.

### Результати досліджень

Розглянемо рух ґрунтових агрегатів з кореневою системою (рис. 1), після його сходу з викопувальної скоби 1 як об'єкту на який спрямовано дію розпушувача 2. Переміщення ґрунту з кореневою системою відбувається за умови його ковзання по поверхні розпушувача. Це можливо коли сила опору пласта стисненню буде достатня для подолання сил тертя. Тому деформацію стиснення пласта за рахунок сил тертя і ваги під час його руху по поверхні розпушувача можна не враховувати. Приймаємо за основу недеформовану модель відділеного ґрунтового шару з кореневою системою в середині, в якому сконцентровано всю масу системи «ґрунтові агрегати – коренева система саджанця» і відобразимо її матеріальною точкою  $C$ . Розпушувач має повздовжній профіль у вигляді прямиї.



1 – викопувальна скоба; 2 – розпушувач.

Рисунок 1 – Схема сил, які діють на ґрунтові агрегати під час руху за розпушувачем в момент коливань вгору.

Векторне рівняння руху т. С відносно рухомої системи координат  $xCy$  має вигляд

$$m \cdot \bar{a}_r^\tau = \bar{T} + \bar{G} + \bar{N} + \bar{F}_{mp} + \bar{F}_{ei}^n + \bar{F}_{ei}^\tau + \bar{F}_{ci}, \quad (1)$$

де  $\bar{T}$  – рухома сила;  $\bar{G}$  – сила тяжіння;  $\bar{N}$  – нормальна реакція зв'язку поверхні розпушувача;  $\bar{F}_{mp}$  – сила тертя;  $\bar{F}_{ei}^n$  – нормальна переносна сила інерції коливача;  $\bar{F}_{ei}^\tau$  – дотична переносна сила інерції коливача;  $\bar{F}_{ci}$  – коріолісова сила інерції.

Матеріальна т. С рухається відносно системи відліку  $xCy$  прямолінійно й рівномірно. В цьому випадку відносна швидкість  $\bar{v}_r$  постійна по модулю й напрямку, тому відносна прискорення  $\bar{a}_r = \frac{d\bar{v}_r}{dt} = 0$ . Рівняння (1) прийме вигляд

$$\bar{T} + \bar{G} + \bar{N} + \bar{F}_{mp} + \bar{F}_{ei}^n + \bar{F}_{ei}^\tau + \bar{F}_{ci} = 0. \quad (2)$$

В проекціях на осі координат  $xCy$  для випадку руху розпушувача вгору рівняння (2) буде наступним

$$\left. \begin{aligned} m \cdot \ddot{x} = 0, \quad \dot{\alpha} + F_{ei}^n - G \cdot \sin(\alpha_p + \alpha_{\dot{\alpha}}) + F_{ei}^\tau + F_{ci} = 0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Знайдемо  $N$  з другого рівняння системи рівнянь (3)

$$N = G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_{\dot{\alpha}}) + F_{ei}^\tau + F_{ci}. \quad (4)$$

Тоді  $F_{mp}$  дорівнює

$$F_{\dot{\alpha}} = N \cdot f = \left( G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_{\dot{\alpha}}) + F_{ei}^\tau + F_{ci} \right) \cdot f. \quad (5)$$

Підставимо значення у перше рівняння формули (3) та вирішимо його відносно  $T$

$$T = G \cdot \sin(\alpha_p + \alpha_{\dot{\alpha}}) + \left( G \cdot \cos(\alpha_p + \alpha_{\dot{\alpha}}) + F_{ei}^\tau + F_{ci} \right) \cdot f - F_{ei}^n. \quad (6)$$

Складові рівняння (6) визначаються за формулами:

сила тяжіння

$$G = m \cdot g, \quad (7)$$

дотична переносна сила інерції



$$F_{ei}^{\tau} = m \cdot \frac{e \cdot \omega_l^2 \cdot \cos(\omega_l \cdot t) \cdot v_r \cdot t}{l}, \quad (8)$$

коріюлісова сила інерції

$$F_{ci} = 2m \cdot \frac{e \cdot \omega_l \cdot \sin(\omega_l \cdot t) \cdot v_r}{l}, \quad (9)$$

нормальна переносна сила інерції

$$F_{ei}^n = m \left( \frac{e \cdot \omega_l \cdot \sin(\omega_l \cdot t)}{l} \right)^2 v_r \cdot t, \quad (10)$$

кут коливань розпушувача дорівнює

$$\alpha_{\bar{e}} = \frac{e (1 - \cos(\omega_l \cdot t))}{l}. \quad (11)$$

З складовими рухома сила складе

$$\begin{aligned} T = & m \cdot g \cdot \sin \left( \alpha_p + \frac{e (1 - \cos(\omega_l \cdot t))}{l} \right) + \\ & + \left( m \cdot g \cdot \cos \left( \alpha_p + \frac{e (1 - \cos(\omega_l \cdot t))}{l} \right) + m \cdot \frac{e \cdot \omega_l^2 \cdot \cos(\omega_l \cdot t) \cdot v_r \cdot t}{l} + \right. \\ & \left. + 2m \cdot \frac{e \cdot \omega_l \cdot \sin(\omega_l \cdot t) \cdot v_r}{l} \right) \cdot f - m \left( \frac{e \cdot \omega_l \cdot \sin(\omega_l \cdot t)}{l} \right)^2 v_r \cdot t. \end{aligned} \quad (12)$$

де  $m$  – маса ґрунту на розпушувачу, кг;  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $\alpha_p$  – кут встановлення розпушувача до горизонталі, рад. ;  $\alpha_k$  – кут коливань розпушувача, град ;  $\omega_l$  – кутова швидкість ексцентрика, с<sup>-1</sup>  $e$  – ексцентриситет, м;  $v_r$  – відносна швидкість руху ґрунту по розпушувачу, м/с;  $f$  – коефіцієнт зовнішнього тертя ґрунту по сталі;  $l$  – довжина важеля, м.

Рухома сили є функцією від часу тому її робота визначиться інтегралом [4]

$$A_T = \int_0^t \bar{D} \cdot \bar{v}_r dt. \quad (13)$$

Підставимо складові рухомої сили в формулу (13)

$$\begin{aligned}
A_T = & \int_0^t \left( m \cdot g \cdot \sin \left( \alpha_p + \frac{e(1 - \cos(\omega_l \cdot t))}{l} \right) \right) + \\
& + \left( mg \cdot \cos \left( \alpha_p + \frac{e(1 - \cos(\omega_l \cdot t))}{l} \right) + m \cdot \frac{e \cdot \omega_l^2 \cdot \cos(\omega_l \cdot t) \cdot v_r \cdot t}{l} + \right. \\
& \left. + 2m \cdot \frac{e \cdot \omega_l \cdot \sin(\omega_l \cdot t) \cdot v_r}{l} \right) \cdot f - m \left( \frac{e \cdot \omega_l \cdot \sin(\omega_l \cdot t)}{l} \right)^2 v_r \cdot t \cdot v_r dt.
\end{aligned} \tag{14}$$

Виконаємо обчислення роботи складових рухомої сили за формулою (14).

Робота сили тяжіння в проекції на вісь  $x$  має вигляд

$$A_{G_x} = \int_0^t m \cdot g \cdot \bar{v}_r \cdot \sin \left( \alpha_p + \frac{e(1 - \cos(\omega_l \cdot t))}{l} \right) dt. \tag{15}$$

Після вирахування інтегралу за формулою (15) отримуємо

$$\begin{aligned}
A_{G_x} = & m \cdot g \cdot v_r \left( \alpha_p - \frac{1}{6} \alpha_p^3 + \left( 1 - \frac{\alpha_p^2}{2} \right) \frac{e \omega_l^2}{6l} t^2 - \frac{\alpha_p \cdot e^2 \cdot \omega_l^4}{40l^2} t^4 - \right. \\
& \left. - \frac{1}{336} \frac{e^3 \cdot \omega_l^6}{l^3} t^6 \right) t.
\end{aligned} \tag{16}$$

Розрахунок величин робіт складових рухомої сили, виконано за допомогою програми Maple. Вихідні данні за якими проводились розрахунки наступні:  $v_r = 1,45 \text{ м/с}$ ;  $\alpha_p = 0,43 \text{ рад.}$ ;  $e = 0,019 \text{ м}$ ;  $l = 0,4 \text{ м}$ ;  $\omega_l = 30 \text{ с}^{-1}$ ;  $m = 30 \text{ кг}$ ;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;  $f = 0,5$ .

За розрахунками роботи сили тяжіння отримано графік її зміни за часом, який дорівнює часу взаємодії розпушувача та ґрунту з саджанцем (рис. 2).

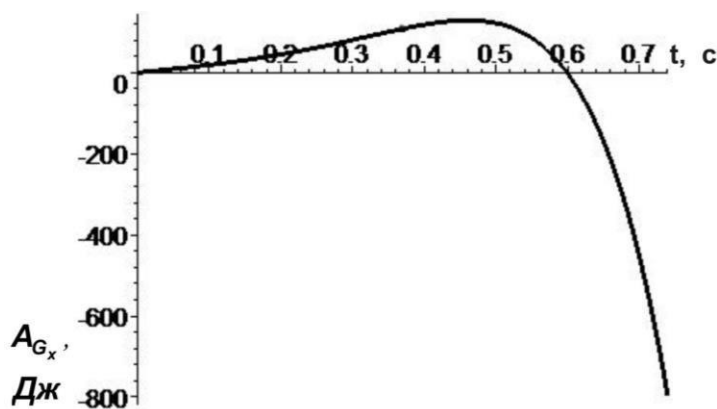


Рисунок 2 – Графік зміни роботи сили тяжіння  $A_{G_x}$  в проекції на вісь  $x$  за

часом.

Для складової сили тертя сили тяжіння в проекції на вісь у робота буде наступною

$$A_{G_y} = \int_0^t m \cdot g \cdot v_r \cdot \cos \left( \alpha_p + \frac{e (1 - \cos(\omega_l \cdot t))}{l} \right) dt. \quad (17)$$

Після обчислення інтеграла за формулою (17) отримуємо

$$A_{G_y} = m \cdot g \cdot \psi \cdot f \left( 1 - \frac{\alpha_p^2}{2} + \frac{\alpha_p^4}{24} - \left( 1 - \frac{\alpha_p^2}{6} \right) \frac{\alpha_p \cdot e \cdot \omega_l^2 t^2}{6l} - \left( 1 - \frac{\alpha_p^2}{2} \right) \frac{e^2 \cdot \omega_l^4 t^4}{40l^2} + \frac{\alpha_p \cdot e^3 \cdot \omega_l^6 t^6}{336l^3} + \frac{e^4 \cdot \omega_l^8 t^8}{3456l^4} \right) t. \quad (18)$$

Розрахунок величини роботи, яку здійснює сила тяжіння в проекції на вісь у виконано за допомогою програми Maple, зміна якої за часом надається нижче у вигляді графіка (рис. 3).

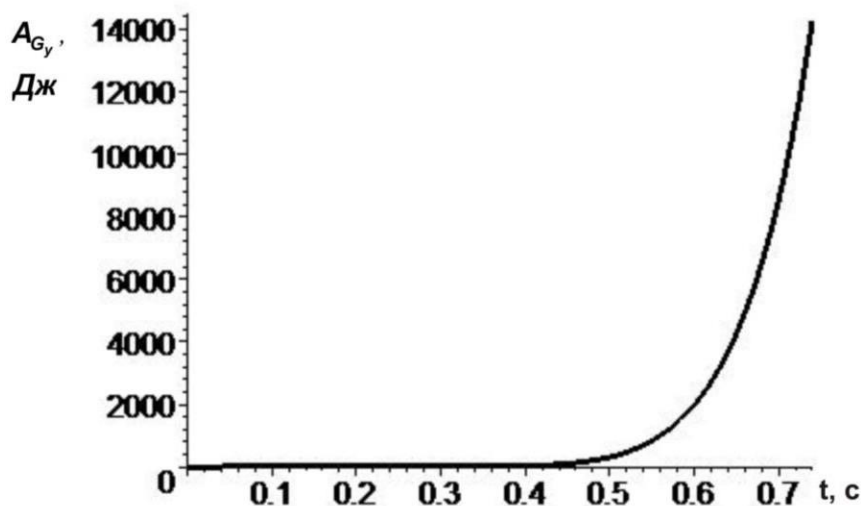


Рисунок 3 – Графік зміни роботи сили тяжіння  $A_{G_y}$  в проекції на вісь у за часом .

Для дотичної переносної сили інерції робота складе

$$\dot{A}_{F_{ei}^\tau} = \int_0^t \frac{m \cdot \omega_l^2 \cdot \cos(\omega_l \cdot t) \cdot v_r \cdot t}{l} v_r \cdot dt. \quad (19)$$

Результат обчислення інтеграла наступний

$$\dot{A}_{F_{ei}^\tau} = \frac{m \cdot e \cdot \omega_l \cdot v_r^2 \cdot f}{l} t \cdot \sin(\omega_l t) + \frac{m \cdot e \cdot v_r^2 \cdot f}{l} \cos(\omega_l t) - \frac{m \cdot e \cdot v_r^2 \cdot f}{l}. \quad (20)$$

Розрахунок величини роботи, яку здійснює дотична переносна сила інер-

ції виконано за допомогою програми Maple, зміна якої за часом надається нижче у вигляді графіка (рис. 4).

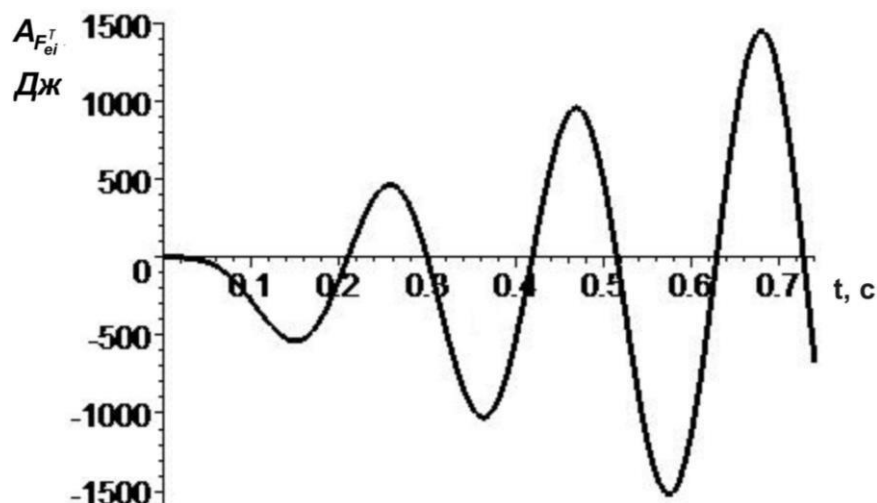


Рисунок 4 – Графік зміни роботи дотичної переносної сили інерції  $\dot{A}_{F_{ei}}$

за часом

Робота коріолісової сили інерції обчислюється інтегралом

$$\dot{A}_{F_{ci}} = \int_0^t \frac{2m \cdot e \cdot \omega_l \cdot \sin(\omega_l \cdot t) \cdot v_r}{l} \cdot f \cdot v_r = \frac{2m \cdot e \cdot \omega_l \cdot v_r^2 \cdot f}{l} \int_0^t \sin(\omega_l \cdot t) dt. \quad (21)$$

За обчисленням інтеграла отримаємо формулу роботи коріолісової сили інерції

$$A_{F_{ci}} = \frac{2m \cdot e \cdot v_r^2 \cdot f}{l} (1 - \cos(\omega_l t)). \quad (22)$$

Розрахунок величини роботи коріолісової сили інерції виконано за допомогою програми Maple, зміна якої за часом надається нижче у вигляді графіка (рис. 5).

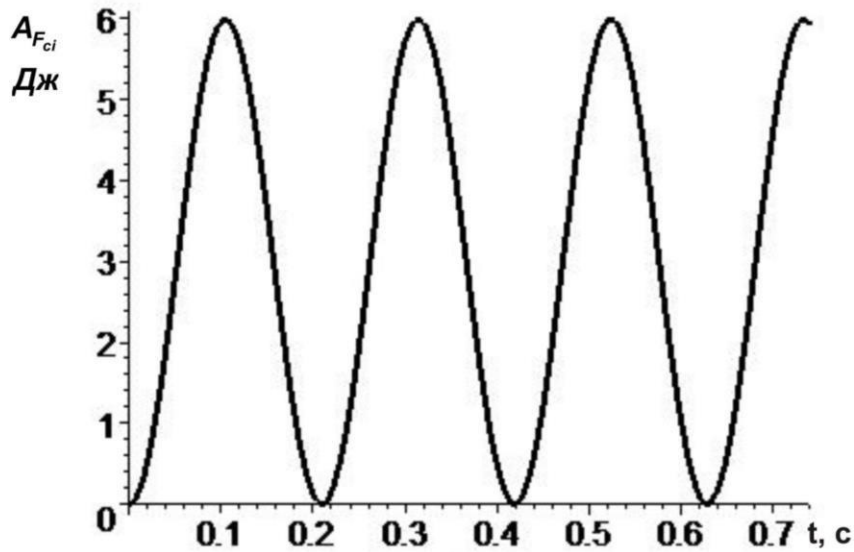


Рисунок 5 – Графік зміни роботи коріолісової сили інерції  $A_{F_{ci}}$  за часом.

Для нормальної переносної сили інерції робота складе

$$A_{F^n} = - \int_0^t m \left( \frac{e \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t)}{l} \right)^2 v^2 \cdot t \cdot dt, \quad (23)$$

після вирахування інтеграла, робота дорівнює

$$A_{F_{ei}} = - \frac{m \cdot e^2 \cdot v^2}{8l^2} (2\omega t - 2\omega t \sin(2\omega t) - \cos(2\omega t) + 1). \quad (24)$$

Розрахунок величини роботи нормальної переносної сили виконано за допомогою програми Maple, зміна якої за часом надається нижче у вигляді графіка (рис. 6).

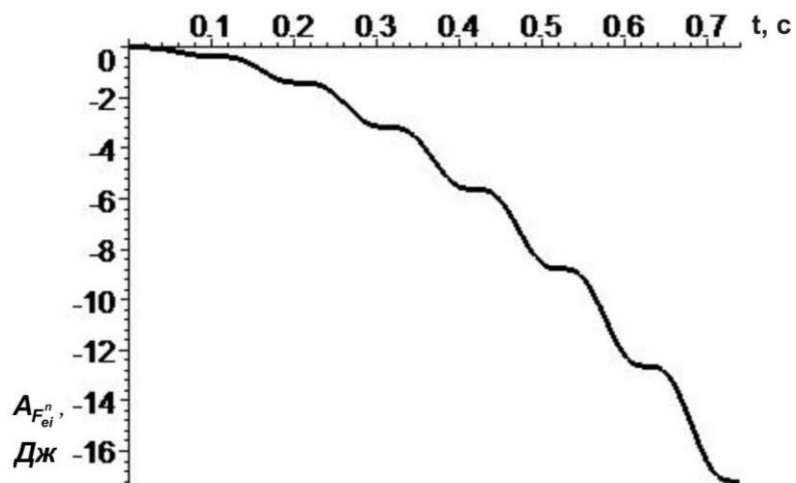


Рисунок 6 – Графік зміни роботи нормальної переносної сили інерції  $A_{F_{ei}}$  за часом.

Попередні розрахунки роботи складових рухомої сили дозволяють перейти до визначення роботи рухомої сили

$$A_T = A_{G_x} + A_{G_y} + A_{F_{ei}^{\tau}} + A_{F_{ci}^n} \cdot F_{ei} \quad (25)$$

За даною формулою проведені розрахунки значення роботи рухомої сили, зміни за часом якої надані на графіку (рис.7) .

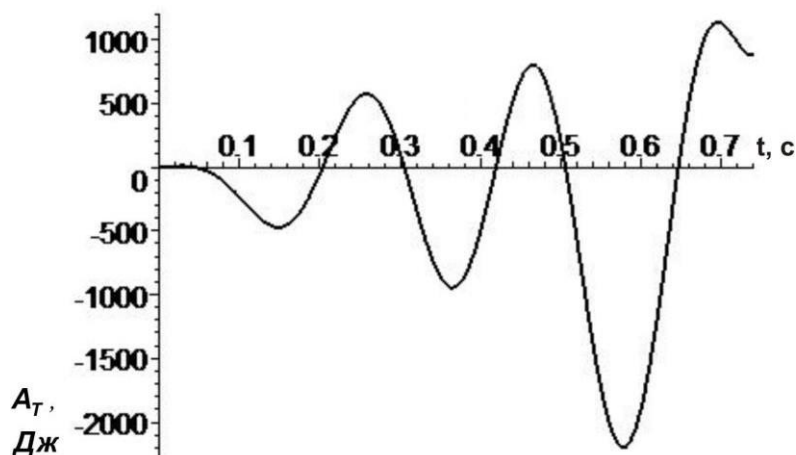


Рисунок 7– Графік зміни роботи рухомої сили  $A_{\Delta}$  за часом.

### Висновки

1. Отримані формули визначення роботи складових рухомої сили дозволяють зробити попередні висновки: робота сили тяжіння буде збільшуватись при підвищенні кутової швидкості  $\omega_l$  (кінематичний параметр), часу взаємодії  $t$  та зменшення довжини важеля  $l$  (конструктивний параметр); робота дотичної та коріолісової сили інерції збільшуються при підвищенні швидкості  $v_r$  та зменшення довжини важеля  $l$ ; робота нормальної переносної сили інерції зменшує роботу рухомої сили і залежить від параметрів  $\omega_l$ ,  $v_r$ , збільшення яких її підвищують.

2. Роботи складових сил рухомої сили збільшуються з підвищенням маси, та збільшення відносної швидкості ґрунту  $v_r$ , яка залежить від технологічної швидкості агрегату (трактора тягового касу 30 кН та викопувального плуга).

## ВИСНОВКИ

1. Аналізуючи фракції складових вороху соняшнику, можна зробити висновок, що чистота вихідного матеріалу 92,8 %, max - 97,1 %, min - 84,6 %. А засміченість 7,2 %, при цьому max - 22,5%, а min = 2,1 %.

2. Аналіз засмічених домішок показав, що вміст в них крупної смітної домішки склало - 2,99 %, проходу через сито Ø3мм - 4,231 %, легкої домішки - 0,064 %. Олійної домішки у вихідному матеріалі виявилось - 4,355 %.

3. З аналізу загальної кількості домішок, що в купі соняшника: олійної домішки у вихідному матеріалі - 37,25 % , крупної смітної домішки - 25,7 %, проходу через сито Ø3мм - 36,5% , легких домішок - 0,55 %.

4. Технологія Strip-Till за результатами огляду досліджень має хороші перспективи до широкого розповсюдження в Україні, перш за все завдяки меншим енерговитратам на технологічний процес. Не в останню чергу, вона важлива з точки зору збереження та відновлення родючості ґрунту.

5. Існуючі ґрунтообробні машини для використання в Strip-Till не залежно від зони застосування конструктивно діляться на осінні і весняні. Завдання осінніх – виконати глибоке розпушення і в разі потреби внести мінеральні добрива. Весною, агрегат виконує поверхневе розпушення і механічно відокремлює розпушені і не розпушені смуги.

6. Як показує аналіз конструкцій машин для роботи в умовах Strip-till землеробства особливих інноваційних технічних рішень не спостерігається. Машина складається з системи гряділів, кількість яких відповідає кількості оброблюваних смуг. Кожен гряділь несе на собі комплект ґрунтообробних знарядь. Традиційно це різного виконання диски та долотоподібні розпушувачі. Стрільчасті лапи використовують рідко, у зв'язку з складністю адаптувати їх роботу у вузьких смугах.

7. Аналіз конструкцій та технічної літератури вказує на наявність проблеми боротьби з бур'янами в межах оброблених смуг.

8. Проведеними експериментальними дослідженнями в основному підтверджені висунуті в розрахунковій моделі гіпотези. Особливо важливим є те, що експериментально підтверджено, що амплітуда коливань в діапазоні швидкостей від 0,5 до 1,2 м/с не залежить від швидкості. Але, це ствердження підтверджено нами для діапазону жорсткості пружини від 1,0 до 3,0 кН/см.

9. Практично визначені механіко-технологічні властивості ґрунту знаходяться в межах практично обумовлених в аналітичній моделі.

10. Введення в конструкцію лиж замість опорних коліс виявилось виправданим. Конструкція машини значно спростилась і це зменшило тяговий опір на пересування агрегату.

11. Встановлено, що для зменшення ступеня пошкодження тканин під-

щеп при їх повертанні у захватах садильного апарата орієнтуючим пристроєм, необхідно поперечний переріз дроту робочої частини пружини орієнтуючого пристрою виготовити не у вигляді кола, а у вигляді еліпса шириною 4 мм та товщиною 2 мм.

12. Доведено, що при зміні форми поперечного профілю дроту пружини вхідні параметри процедури оптимізації форми її робочої частини не зміняться, зміниться тільки площа поперечного профілю дроту.

13. Для визначення необхідної притискної сили пружини зміненого поперечного перерізу на підщепи, що забезпечить максимальну стабільність процесу роботи орієнтуючого пристрою та мінімальний деформуючий вплив на провідні судини тканин підщеп необхідно провести додаткові експериментальні дослідження.

14. Отримані формули визначення роботи складових рухомої сили дозволяють зробити попередні висновки: робота сили тяжіння буде збільшуватись при підвищенні кутової швидкості  $\omega_l$  (кінематичний параметр), часу взаємодії  $t$  та зменшення довжини важеля  $l$  (конструктивний параметр); робота дотичної та коріолісової сили інерції збільшуються при підвищенні швидкості  $v_r$  та зменшення довжини важеля  $l$ ; робота нормальної переносної сили інерції зменшує роботу рухомої сили і залежить від параметрів  $\omega_l$ ,  $v_r$ , збільшення яких її підвищують.

15. Роботи складових сил рухомої сили збільшуються з підвищенням маси, та збільшення відносної швидкості ґрунту  $v_r$ , яка залежить від технологічної швидкості агрегату (трактора тягового касу 30 кН та викопувального плуга).



## Література

1. ДСТУ 4694:2006. Соняшник. Олійна сировина. Технічні умови.– Введ. 01-03-08. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 19 с.
2. ДСТУ 7011:2009. Соняшник. Технічні умови.– Введ. 01.07.11. – К.: Держспоживстандарт України, 2011. – 11 с.
3. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Текст]. – Введ. 01.01.04. – К.: Держстандарт України, 2004. – 178 с.
4. Порядок обліку сировини, матеріалів та готової продукції на підприємствах олійно - жирової галузі, затверджено наказом Міністерством агрополітики України 11.09.2009 р. за № 656 зі змінами.
5. Руководство по методам исследования, теххимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности / Под.ред. В.П.Ржежина, А.Г. Сергеева (В 6 т.).– Л. : ВНИИЖ.
6. Ящук Н., Що слід знати, щоб якісну соняшникову олію мати./ Н. Ящук, [/http://propozitsiya.com/?page=146&itemid=3430](http://propozitsiya.com/?page=146&itemid=3430)
7. ДСТУ 4601:2006. Насіння олійних культур. Методи відбирання проб. — Вид. офіц. — К. : Держспоживстандарт України, 2007. — III, 14 с. — (Національний стандарт України).
8. ДСТУ ISO 542:2006. Насіння олійних культур. Методи відбирання проб (ISO 542:1990, IDT). — Вид. офіц. — К. : Держспоживстандарт України, 2008. — IV, 8 с. : рис. — (Національний стандарт України).
9. ДСТУ ISO 658:2006 Насіння олійних культур. Метод визначення вмісту домішок(ISO 658:2002, IDT). — Вид. офіц. — К. : Держспоживстандарт України, 2008. — IV, 8 с. : рис. — (Національний стандарт України)
10. ГОСТ 12037-81 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян
11. Ямпілов, С.С. Технологические и технические решения проблемы очистки зерна решетками / Ямпілов С.С. - Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004.- 165 с.
12. Казаков Е.Д. Методы оценки качества зерна / Е.Д. Казаков, - М.: Агропромиздат, 1987. -215 с.
13. Михайлов Є.В. Післязбиральна обробка зерна у господарствах півдня України / Є.В. Михайлов Мелітополь: Люкс. 2012. 214 с.
14. Чижиков А.Г. Операционная технология послеуборочной обработки и хранения зерна (в Нечерноземной зоне)/А.Г. Чижиков, В.Д. Бабченко, Е.А. Машков.- М.: Россельхозиздат, 1981. - 192 с.
15. Бараев А.И. Почвозащитное земледелие / А.И. Бараев; под ред. А.И. Бараева. – М.: Колос, 1975. – 297 с.
16. Вадюнина А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
17. Василенко П.М. Культиваторы : конструкция, теория и расчет / П.М. Василенко, П.Т. Бабий – К. : Изд-во УАСХИ, 1961. – 239 с

18. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработка опытных данных / Г.В. Веденяпин. – М.: Колос, 1980. – 168 с.
19. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенский. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 263 с.
20. Волик Б.А. Методика визначення конструктивних параметрів V- подібного розпушувача для основного обробітку ґрунту / Б.А.Волик // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин / Загальнодержавний міжвідомчий науково-техн. збірник. Випуск 28. – Кіровоград: КДТУ, 1999. – С.190-194.
21. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
22. Євтушенко В. Strip-till в Україні на прикладі СТОВ «Дружба-Нова» / В. Євтушенко. - // The Ukrainian Farmer. - К. : ТОВ "АГП Медіа", 2012. - № 9. - С. 99-100
23. Жолобецький Г. Тернистий шлях "стрип-тіллу" / Г. Жолобецький. - // Пропозиція : укр. журн. з питань агробізнесу. - 2013. - N 11. - С. 58-60
24. Зеленин А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами / А.Н.Зеленин. – М.: Машиностроение, 1968. – 320 с.
25. Карпенко А.Н. Сельскохозяйственные машины / А.Н.Карпенко, В.М.Халанский – М.: Агропромиздат, 1989. – 537с.
26. Кленин Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы / Н.И.Кленин, В.А.Саун – М.: Колос, 1980. – 671с
27. Кобець А.С. Ґрунтообробні машини: теорія, конструкція, розрахунок: монографія / А.С.Кобець, Б.А.Волик, А.М.Пугач.- Дніпропетровськ: Видавництво «Свідлер А.Л.», 2011. – 140 с.

28. Кобець А.С. Конструювання поверхні робочого органу типу скоба для викопування коренеплодів / А.С.Кобець, С.П.Сокол // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2007. - №2. С. 82 – 85.
29. Кравченко Б.И. К обоснованию угла раствора лезвий культиваторных лап / Б.И.Кравченко // Тракторы и сельхозмашины. – 1968. - №2 – С.22- 23.
30. Кукреш Л.В.Обработка почвы : проблемы, приоритеты, решения / Л.В.Черевко, М.А.Кадыров // Белорусское сельское хозяйство : Ежемесячный научно-популярный журнал. – 2010. - №4 (96). – С.4 – 8.
31. Кушнарєв А.С. Механико-технологические основы обработки почвы / Кушнарєв А.С., Кочев В.П.. – К.: Урожай, 1989. – 144 с.
32. Марениченко В.В. Обґрунтування конструктивних параметрів полицевого робочого органу для використання в системі рекультивації ґрунту / В.В.Марениченко, Б.А.Волик // Рекультивація складних техноекосистем у новому тисячолітті: ноосферний аспект: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2012. – С.212 – 213.
33. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: навч. Посібник / [Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А.]. – Дніпропетровськ : РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
34. Панченко А.Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями / А.Н. Панченко. – Днепропетровск: ДГАУ, 1999. – 140 с.
35. Практикум з використання машин в рослинництві / [Ільченко В.Ю., Кобець А С., Мельник В.П та ін]. – Дніпропетровськ : Дніпроп. держ агр. ун-т. – 2002. – 212с.
36. Сільськогосподарські та меліоративні машини : підручник / [Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та ін.] – К.: Вища освіта, 2004.- 544с
37. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин : Учебник для вузов сельскохозяйственного машиностроения / [Босой Е С., Верняев О.В., Смирнов И.И. и др.], - М.: Машиностроение, 1977. – 568 с.
38. Чижиков І.О. Удосконалення засобів механізації для садіння підщеп плодових культур / І.О Чижиков // Праці ТДАТУ. - Мелітополь, 2009. - Вип.9,

т.3. - С. 59-64.

39. Галузева програма розвитку садівництва України на період до 2025 року.-К.: [Б.в.], 2008.-76 с.

40. Сафонов А.Ф. Технологические параметры плодопитомнической сажалки МПП-4 / А.Ф. Сафонов // Техника в сельском хозяйстве.- 1992.- №4. -С. 20-21.

41. Сафонов О.Ф. Механізація вирощування плодових саджанців / О.Ф.Сафонов // Техніка в АПК. – 1997. - №2. - С. 26-27.

42. Чижиков І.О. Функціональний аналіз конструкції машини для садіння підщеп плодових культур / Чижиков І.О., Антонова Г.В., Чижиков О.І. // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 2, т.2. – С. 150-156.- Режим доступу: [www.nbu.gov.ua/e-journals/nvtdau/2012\\_2/index.html](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/nvtdau/2012_2/index.html).

43. Чижиков І.О. Модель оптимізації процесу садіння підщеп плодових культур садильним апаратом дискового типу / І.О. Чижиков // Збірник наукових праць ІМТ НААН «Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві». – Вип. 1(9). – Запоріжжя, 2012. – С. 83-96.

44. Пат. на корисну модель № 59975 Україна, МПК А01С11/04. Садильний апарат дискового типу / І.О. Чижиков, О.Г.Караєв. - № 201012936; заявл. 01.11.2010; опубл. 10.06.2011, Бюл. № 11.

45. Караєв О.Г. Обґрунтування параметрів орієнтуючого пристрою садильного апарата машини для садіння підщеп плодових культур / О.Г. Караєв, І.О. Чижиков, В.В. Кузьмінков // Науковий вісник НУБП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – Київ, 2011.- Вип.166, ч.2.- С. 103-115.

46. Чижиков І.О. Результати лабораторно-польових випробувань макетного зразка секції машини для садіння підщеп плодових культур / І.О. Чижиков // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2012. – Вип. 2, т. 3. – С. 140-146.- Режим доступу: [www.nbu.gov.ua/e-journals/nvtdau/2012\\_3/index.html](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/nvtdau/2012_3/index.html)

47. Бронштейн І.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся-

ся вузов./ *И.Н. Бриштейн, К.А. Семендяев.* – 13-е изд., исправл. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 544 с.

48. *Погорелов А.В.* Дифференциальная геометрия / *А.В. Погорелов.* – М.: Наука, 1974. – 176 с.

49. Бледных В.С. Построение рабочей поверхности корпуса плуга на основе технологических требований/ В.С. Бледных, С.В. Олейников // Совершенствование методов использования сельскохозяйственной техники / Научн. труды ЧИМЭСХ. — Челябинск, 1984.— С. 82–85.

50. Бледных В.С. Тяговое сопротивление рабочих органов почвообрабатывающих машин / В.С. Бледных // Почвообрабатывающие машины и динамика агрегатов / Сбор. научн. трудов. ЧИМЭСХ.— Челябинск, 1990.— С. 10–16.

51. Кольцов М.П. Тяговый опір коливального робочого органа викопувального плуга / М.П. Кольцов, О.І. Матковський // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2013. – Вип. 13, т. 3.–С.156–160.

52. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики: Учеб. для машиностроит. и приборостроит. спец. вузов. — 5-е изд. перераб. и доп. — М.:Высш. шк., 1990.— 607 с.