

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ
НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ОБ'ЄДНАННЯ «СЕЛТА»
НАЦІОНАЛЬНОГО НАУКОВОГО ЦЕНТРУ «ІНСТИТУТ МЕХАНІЗАЦІЇ
ТА ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА»
(НВО «СЕЛТА» ННЦ «ІМЕСГ»НААН)

На правах рукопису

ГОРОБЕЙ ВАСИЛЬ ПЕТРОВИЧ

УДК. 631.316; 631.331

МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ І КОНСТРУКТИВНІ ОСНОВИ
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ СІВБИ В
СЕЛЕЦІЇ І НАСІННИЦТВІ

05.05.11 – машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва

Дисертація
на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Науковий консультант
д.т.н., професор,
академік НААН
Булгаков В.М.

Мелітополь – 2017

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І ПОНЯТЬ.....	7
ВСТУП.....	10
1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ МЕХАНІЗАЦІЇ СІВБИ В СЕЛЕКЦІЇ І НАСІННИЦТВІ.....	21
1.1 Стан технології і селекційних процесів сівби зернових і зернобобових культур.....	27
1.2 Аналіз технічних засобів для рядкового висіву.....	35
1.2.1 Коротка характеристика конструкцій висівних робочих органів....	66
1.3 Аналіз теоретичних досліджень з обґрунтування параметрів робочих органів для сівби.....	81
1.4 Аналіз застосування електронних пристроїв в управлінні висівними апаратами котушкового типу.....	97
Висновки до розділу та постановка задач досліджень.....	104
2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ СІВБИ В СЕЛЕКЦІЇ І НАСІННИЦТВІ	108
2.1 Теоретичні передумови до обґрунтування параметрів робочих органів сівалок на основі системного підходу.....	108
2.2 Моделі конструкції дводисково-анкерного сошника для зернових і зернобобових культур і перевірка їх на адекватність.....	116
2.2.1 Обґрунтування конструкції дводисково-анкерного сошника для зернових і зернобобових культур.....	116
2.2.2 Удосконалення конструкції дводисково-анкерного сошника.....	119
2.3. Обґрунтування конструкції сошника культиваторного типу для смугового висіву насіння і перевірка її на адекватність.....	124
2.4 Обґрунтування конструкції сошникового вузла з зубчастим ножем - диском, що розрізає і пристроєм для вібраційних автоколивань і перевірка її на адекватність	134

2.4.1	Обґрунтування параметрів зубчастого ножа - диску конструкції комбінованого сошникового вузла.....	134
2.4.2	Модель дослідження вібросистеми з різною жорсткістю	145
2.4.3	Математична модель конструкції сошникового вузла з зубчастим ножом – диском на двопружинній підвісці і перевірка її на адекватність.....	151
2.4.4	Обґрунтування міцності базової конструкції рядкових зернових сівалок для енергозберігаючих технологій.....	165
2.5	Оптимізація процесу роботи фрез для передпосівного обробітку ґрунту на селекційних ділянках.....	169
2.6	Аналіз процесу роботи катушкових висівних апаратів селекційно-насіницьких сівалок.....	172
2.6.1	Обґрунтування конструкції стенду для досліджень катушкових висівних апаратів селекційно-насіницьких сівалок.....	173
2.6.2	Обґрунтування принципу оптимізації технологічної схеми сівалки для енергоощадних технологій в селекції і насінництві.....	182
2.7	Обґрунтування принципу оптимізації технологічної схеми сівалки селекційної автономного висіву	186
2.8	Взаємозв'язок експлуатаційних особливостей роботи робочих органів з їх параметрами і режимами роботи.....	189
	Висновки до розділу 2.....	195
3	ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	201
3.1	Програма експериментальних досліджень.....	201
3.2	Експериментальні установки та прилади.....	204
3.2.1	Установка для досліджень тягового опору робочих органів.....	205
3.2.2	Установка для досліджень вібраційно-тягових параметрів.....	207
3.2.3	Стенд для досліджень режимів висівних апаратів.....	210
3.2.4	Експериментальні зразки технічних засобів для проведення лабораторно-польових досліджень і виробничої перевірки.....	217

3.2.4.1	Експериментальні зразки системи електронного управління висівом насіння котушковим висівним апаратом для селекційно-насінницьких сівалок модельного ряду СН-16.....	217
3.2.4.2	Комбіновані робочі органи для висіву насіння.....	224
3.2.4.2.1	Експериментальні зразки лапових сошників культиваторного типу..	224
3.2.4.2.2	Експериментальний зразок дисково-анкерного сошника	231
3.2.4.2.3	Експериментальний зразок сошникового вузла з дисковим ножем на двопружинній підвісі.....	232
3.3	Методика проведення експериментальних досліджень.....	235
3.3.1	Стендові дослідження процесу роботи системи електронного управління котушковим висівним апаратом під навантаженням.....	236
3.3.2	Адаптація системи електронного управління висівом насіння до висівного котушкового апарата сівалки.....	239
3.3.2.1	Розробка принципової схеми переобладнання промислової зернової сівалки для дослідження електромеханічної системи приводу висівного апарату.....	243
3.3.3	Лабораторні дослідження конструктивних і фізико-технологічних характеристик висівних робочих органів.....	246
3.3.4	Лабораторно-польові-дослідження і виробнича перевірка експериментальних зразків.....	254
3.3.4.1.	Лабораторно-польові дослідження системи автоматичного управління висівом насіння сівалкою модельного ряду СН-16.....	254
3.3.4.2.	Лабораторно-польові дослідження системи автоматичного управління висівом насіння сівалкою модельного ряду СЗ-3,6.....	256
3.3.4.3.	Дослідження дводисково-анкерного сошникового вузла.....	258
3.3.4.4.	Дослідження сошника культиваторного типу для смугового висіву насіння.....	259
3.3.4.5.	Лабораторно-польові дослідження сошникового вузла з дисковим ножем.....	260
3.3.5	Загальна методика обробки експериментальних даних та	

	оцінювання їх адекватності.....	262
3.3.6	Визначення статистичних характеристик експериментальних даних	265
3.3.7	Методика підбору емпіричних формул	266
3.3.8	Аналіз і узагальнення експериментальних даних.....	267
3.3.8.1	Кореляційний аналіз.....	267
4	РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	268
4.1	Встановлення норми висіву системою електронного управління котушковим апаратом.....	268
4.2	Визначення амплітудно-частотних та тягових характеристик сошникового вузла з зубчастим ножем-диском на двопружинній підвісці.....	287
4.3	Технологічна апробація комбінованого дводисково-анкерного сошникового вузла.....	294
4.4	Результати лабораторних досліджень лапових сошників культиваторного типу з розсіювачами пасивного типу та з роликом розсіювачем.....	297
4.5	Результати лабораторно-польових досліджень і виробничої перевірки експериментальних зразків технічних засобів.....	301
4.5.1	Результати досліджень експериментальних зразків системи електронного управління котушковим висівним апаратом.....	301
4.5.1.1	Система електронного управління висівом насіння з кроковим двигуном для селекційно-насінницьких сівалок сімейства СН-16...	301
4.5.1.2	Експериментальний зразок системи електронного управління висівом насіння котушковим висівним апаратом для рядових сівалок сімейства СЗ-3,6.....	303
4.5.1.3	Система електронного управління висівом насіння з колекторним двигуном для селекційно-насінницьких сівалок сімейства СН-16 ...	308
4.5.2	Результати досліджень експериментальних зразків сошникових робочих органів.....	309
4.5.2.1	Комбінований сошниковий вузол з зубчастим ножем-диском.....	309

4.5.2.2	Комбінований дводисково-анкерний сошниковий вузол.....	311
4.5.2.3	Сошник культиваторного типу з роликом-розсіювачем.....	314
	Висновки до розділу 4.....	316
5	РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЙ ТА АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ СТВОРЕНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ.....	321
5.1	Конструктивно-технологічні характеристики селекційної та селекційно-насінницької сівалок.....	321
5.1.1	Сівалка навісна селекційна касетна СНСК-6.....	321
5.1.2	Сівалка навісна селекційно-насінницька СНС-16АП.....	325
5.1.3	Фреза навісна для суцільного обробітку ґрунту ФНС-1,5А.....	331
5.2	Апробація та упровадження результатів досліджень.....	333
5.2.1	Стенд для досліджень висівних апаратів.....	333
5.2.2	Сівалка навісна селекційно-насінницька СНС-16А.....	334
5.2.3	Дводисково-анкерні сошникові вузли для селекційних і селекційно- насінницьких сівалок.....	337
5.2.4	Сошник культиваторного типу для смугового висіву насіння.....	339
5.3	Відомості про публікації та апробацію результатів досліджень.....	342
5.4	До розрахунку економічної ефективності створених технічних засобів.....	343
	Висновки до розділу 5.....	346
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	348
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	354
	ДОДАТКИ.....	388

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І ПОНЯТЬ

- A* – тип сівалки, призначений для виконання сівби без міжділяночної доріжки кожним висівним апаратом своє насіння;
- Б* – тип сівалки, призначений для виконання сівби із міжділяночною доріжкою всіма сошниками однакового насіння;
- Т* – навіска на трактор;
- Ш* – навіска на самохідне шасі;
- У* – колія, розширена до 2 м;
- a* – відстань між сусідніми сошниками сівалки, м;
- u* – інтервал між рослинами (насінинами), см;
- B* – ширина ділянки, м;
- b* – ширина міжділяночної доріжки, м;
- f* – площа ділянки, м²;
- P* – відстань між крайніми сошниками сівалки, що висівають насіння одного і того самого номера, м;
- P'* – відстань між крайніми сошниками сівалки, що висівають різне насіння, м;
- K* – відстань між плоскостями симетрії шин, нормальними до осі колеса трактора і машини, м;
- C* – ширина сліду колеса, м;
- E* – ширина проїзду, м;
- W* – ширина міжпосівної доріжки, м;
- W'* – ширина міжсмугової доріжки, м;
- n* – кількість сошників, що висівають насіння одного селекційного номера, шт.;
- n'* – сумарна кількість рядків в ділянці, що висіваються за один прохід сівалки, шт.;
- U* – відстань між рослинами в рядку, м;
- m* – ширина між ярусної доріжки, м;
- X* – ширина розворотної смуги, м;
- G* – вага, Н;

m – маса, кг;

$\bar{F}_{П1}$ – сили натягу пружини, Н;

C - жорсткість пружини, Н/м;

r – радіус диска, м;

α, β, φ – кути, град;

R_c – реакція ґрунту на входження диска;

σ – питомий опір ґрунту, Н/м²;

δ – товщина диска, м;

N – зусилля вдавлювання, Н;

P_c – тяговий опір, Н;

$\Delta_{agr.}$ – агротехнічний допуск, см;

P_{KP} – критичний тиск на ґрунт, Н;

L – довжина ріжучого леза, см;

Z – число зубців на диску;

ν – деформаційний показник ґрунту, кг/см²;

h_z – висота зубця, мм;

ВА – висівний апарат;

ВВА – вал висівного апарату;

ІКС – імітатор колеса сівалки;

η – передаточне число;

МПУ – мікропроцесорний пульт управління;

СВ – сошниковий вузол;

САУВН – система автоматичного управління висівом насіння.

Загальні поняття, терміни, визначення :

- етап роботи /етап/ - стадія процесу селекції, сортовизначення і первинного насінництва, що характеризується визначеною технологією і потребує для виконання однотипних засобів механізації;

- ділянка – площа поля визначеного розміру, що зайнята окремим селекційним номером, варіантом;
- рядок – лінія розміщення культурних рослин чи їх насіння;
- міжряддя – площа, що знаходиться між сусідніми двома рядками;
- ярус – сукупність паралельно розміщених ділянок;
- варіант – окрема рослина, сорт, агротехнічний прийом чи умова виробництва, що вивчається в досліді;
- селекційний номер – потомство одного чи декількох вихідних рослин, що служать для виведення нового сорту;
- однозерновий висів – висів з розміщенням одного конкретного насіння на перетині діагоналей ділянки;
- сівба з міжділяночними доріжками – сівба, при якій відстань між крайніми рядками суміжних ділянок перевищує ширину міжрядь;
- сівба без міжділяночних доріжок – сівба, при якій відстань між крайніми рядками суміжних ділянок дорівнює ширині міжрядь;
- посівна смуга – площа, що засіяна за один прохід сівалки при висіві без міжділяночних доріжок;
- міжпосівна доріжка – доріжка, розташована між крайніми рядками суміжних ділянок одного ярусу;
- міжсмугова доріжка – доріжка, що проходить між крайніми рядками сусідніх посівних смуг одного ярусу;
- між'ярусна доріжка – доріжка між суміжними ярусами, що розташовані перпендикулярно до рядків ділянок;
- міжділяночна доріжка – доріжка між суміжними ділянками, що проходить уздовж рядків;
- поворотна смуга – смуга поля, призначена для розвороту машинних агрегатів;
- захисна ділянка – неврахована ділянка, розташована впродовж крайніх рядків повторень і ярусів для зберігання ділянок, що враховані від випадкових пошкоджень.

ВСТУП

Актуальність теми. Процеси селекційної і селекційно-насінницької роботи є пріоритетними в забезпеченні підйому сільськогосподарського виробництва України. В рослинництві необхідно здійснити перехід на посів насіння перспективних високоврожайних сортів і гібридів. Від стану селекції і насінництва сільськогосподарських культур в значній мірі залежить продовольча безпека країни. В країні більше 14 млн. га зайнято під зерновими та зернобобовими культурами, більш ніж 100 тис. га – під селекційно-насінницькими посівами. Ступінь реалізації потенціалу сорту пов'язаний з низкою специфічних і важкомеханізованих операцій польової стадії виробництва на селекційно-дослідних ділянках і, в першу чергу, з механізацією **селекційно-насінницьких посівів.**

З метою уніфікації селекційних робіт, систематизації вимог до машин визначені і на практиці перевірені раціональні схеми виконання технологічного процесу, проведені згрупування численних розсадників на умовних етапах селекції відповідно з кількістю насіння, однотипністю операцій, об'ємами робіт і раціональним використанням площ ґрунту. На основі досліджень, проведених з залученням вітчизняних НДІ (Харківського інституту рослинництва, Миронівського інституту пшениці та ін.) були розроблені міжреспубліканські технічні умови (МРТУ), потім перетворені в міжгалузеві стандарти (ОСТ), згідно яким дослідні ділянки групуються за призначенням і способом виконання основної операції – посіву. При цьому враховується, що розміри ділянок, міжділяночних доріжок, поворотних смуг визначають габарити і конструктивні параметри не тільки посівних машин, але і всього комплексу агрегатів по догляду за посівами і збору селекційного матеріалу. Документи є регламентуючим початком розробки спеціальних машин, що плануються відповідно до умовних етапів селекції і дослідної роботи.

Аналіз негативних тенденцій, які мають місце у сфері селекції та насінництва в Україні, дає можливість зробити висновок, що однією із причин слабкої конкурентоздатності вітчизняних сортів, гібридів та насінневої продукції є, серед інших, низький рівень технологій та технічного забезпечення. Основна проблема, пов'язана з виробництвом селекційної техніки, в тому, що різних типорозмірів машин потрібно багато, а загальна кількість кожного типу, необхідна для повного забезпечення потреби в них селекційно-дослідних установ, порівняно мала при високій вартості машин. Для забезпечення різних варіантів схем висіву на різних стадіях селекції і первинного насінництва слід мати посівні машини різних типорозмірів залежно від кількості насіння, що висівається, і типу розсадника відповідно до прийнятих умовних етапів селекційно-насінницьких робіт.

Задача створення раціонального типажу конструкцій високопродуктивних селекційних сівалок (з продуктивністю до 500 ділянок на годину) для різних етапів селекційних робіт вирішується за двома основними типами по ширині захвату: перший – з колією, що змінюється в межах 110 – 150 см, і другий – з колією 160 – 200 см, оскільки для забезпечення варіантів селекційних посівів потребується випускати 18 типорозмірів сівалок з різною /постійною/ шириною колії в межах 110 – 200 см. Кожний з цих типів повинен включати два підтипи: А – сівалки для сівби без проміжків, і В – сівалки для сівби з проміжками. Уніфікація конструкцій сівалок для селекції та насінництва залежить від ключових елементів висівного апарату (далі ВА) і сошникового вузла (далі СВ) для сівби на селекційних і насінницьких ділянках. Недоліком сучасних селекційних сівалок є те, що в домінуючих на даний час ВА металоємний та забезпечує обмежений діапазон норм висіву, а СВ, що застосовуються із сівалок загального призначення, обмежують технологічні можливості селекційних сівалок та не забезпечують дотримання умов агротехнологічних вимог на підвищених швидкостях посіву.

Селекційні сівалки відомих виробників для досліджень за сучасними енергозберігаючими технологіями уніфіковані і комплектуються, як правило, робочими висівними органами промислових машин, що серійно випускаються. Технічне забезпечення висіву насіння в селекційно-насінницькій роботі є проблемним і потребує розширення **технологічних можливостей**. Вітчизняним сівалкам, що виготовлялись невеликими партіями для зернових і зернобобових культур (селекційна касетна автономного розподілу для другого етапу, касетна центрального розподілу для третього етапу і навісна селекційно-насінницька для четвертого етапу) необхідна модернізація як по елементній базі, так і конструктивно для забезпечення селекційних дослідних робіт при впровадженні сортів за новими технологіями.

У зв'язку з цим набувають актуальності дослідження щодо створення ВА і СВ для сівби на селекційно-насінницьких ділянках, без вищезазначених недоліків.

Такий стан речей створює **народногосподарську проблему**, суть якої полягає в низькій техніко-економічній ефективності виконання технологічних операцій селекційних посівів потребуючих розширення наявних технологічних можливостей.

Вирішення даної народногосподарської проблеми неможливе без розв'язання відповідної **науково-технічної проблеми**. Вирішення означеної проблеми можливо за рахунок вдосконалення діючих робочих органів і технологічних схем машин та створення системи автоматичного управління висівом насіння і сошникових вузлів для сівби на селекційно-насінницьких ділянках.

Для цього, насамперед, слід розробити методологію вибору й обґрунтування конструктивно-технологічних схем селекційних сівалок і конструктивних та кінематичних параметрів, режимів експлуатації нових висівних робочих органів. Практичним кроком даного підходу є глибоке вивчення закономірностей технологічного функціонування типажу

селекційних сівалок на різних умовних етапах селекції і первинного насінництва.

Відома нині методологія вибору конструктивних схем, обґрунтування параметрів та режимів роботи селекційно-насінницьких сівалок не підходить для розв'язання вказаної вище науково-технічної проблеми. Конструктивно-технологічні особливості селекційно-насінницьких сівалок вимагають розробки нових технічних рішень для їх застосування.

Розроблення нових технічних рішень селекційних сівалок і посівних агрегатів з використанням потенційних технологічних властивостей для розв'язання проблеми забезпечення сільськогосподарського виробництва країни високопродуктивними, енергоощадними та екологічно безпечними селекційно-насінницькими сівалками та посівними агрегатами є **провідною ідеєю** даної дисертаційної роботи.

Механізація селекційної роботи являється складовою ефективності виведеного високоврожайного сорту, а розробка ефективних робочих органів і машин для сівби в селекції і насінництві є актуальною науково-прикладною проблемою на шляху розвитку рослинницької галузі України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження проведено відповідно до «Національної програми виробництва технологічних комплексів машин і устаткування для сільського господарства, харчової і переробної промисловості», затвердженої Кабінетом Міністрів України (Постанова № 536 від 16.09.1992р.); «Програми виробництва технологічних комплексів машин та обладнання для агропромислового комплексу на 1998-2005 рр.», затвердженої Кабінетом Міністрів України (Постанова №403 від 30.03.1998 р.); у рамках науково-технічних тем: «Розробити і дослідити систему автоматичного управління висівом насіння для селекційних сівалок» (ДР №0105U004806, 2003-2006 рр.); «Розробити технічні засоби механізації і автоматизації селекційно-насінницьких процесів в рослинництві загального призначення» (ДР №0107U006142, 2007-2009 рр.); «Обґрунтувати конструкційно-технологічні

параметри робочих органів і машин для обробітку ґрунту та сівби зернових культур в умовах АР Крим» (ДР №0111U003627, 2011-2013 рр.); «Розробити технічні засоби для механізації процесів у селекції і насінництві» (ДР №0111U003625, 2011-2013 рр.); «Обґрунтувати, розробити та дослідити конструкції пристосування до зернової сівалки та дискового культиватора для енергоощадних технологій обробітку ґрунту та сівби» (ДР №0114U00368, 2014р.).

Мета і задачі досліджень. Метою роботи є підвищення ефективності машин для рядкової сівби в селекції і насінництві та розширення їх технологічних можливостей шляхом розроблення механіко-технологічних основ взаємодії робочих органів з ґрунтом, що дозволило їх удосконалити та оптимізувати конструктивні та кінематичні параметри.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано наступні задачі:

- провести системний аналіз процесу механізованого рядкового висіву насіння сільськогосподарських культур на селекційно-насінницьких ділянках та визначити напрями підвищення ефективності робочих органів;
- розробити математичні моделі і на їх основі отримати залежності, які характеризують закономірності процесу роботи машин для підготовки ґрунту і висіву насіння в селекційно-насінницькій роботі з використанням комбінованих робочих органів;
- дослідити взаємозв'язок технологічних і експлуатаційних особливостей застосування системи автоматичного управління катушковим висівним апаратом для висіву насіння з їх параметрами і режимами роботи;
- визначити взаємозв'язок технологічних і експлуатаційних особливостей застосування комбінованих робочих органів сошникової групи для висіву насіння з їх параметрами і режимами роботи;
- розробити методики, прилади і устаткування для оцінки технологічних властивостей робочих органів селекційно-насінницьких сівалок з урахуванням їх конструктивних особливостей;

- дослідити вплив конструктивних схем і параметрів комбінованих робочих органів на технологічні і експлуатаційні особливості застосування селекційно-насінницьких сівалок для висіву на ділянках II, III та IV етапів селекційно-насінницьких робіт з урахуванням режимів їх роботи;
- розробити науково-обґрунтовані рекомендації з вибору схем і параметрів комбінованих робочих органів селекційно-насінницьких сівалок, які забезпечують високі експлуатаційно-технологічні показники їх роботи.

Робоча гіпотеза – розширення технологічних можливостей селекційних сівалок та підвищення якості сівби на ділянках може бути досягнуте шляхом обґрунтування оптимальних конструктивних і конструктивно-кінематичних параметрів їх робочих органів.

Об'єкт досліджень – селекційно-насінницькі технологічні процеси для розподілу зерна, підготовки ґрунту і висіву насіння на основі засобів для реалізації – селекційних сівалок.

Предмет досліджень – взаємозв'язки схем та конструктивних параметрів робочих органів селекційно-насінницьких сівалок з їх експлуатаційними показниками.

Методи дослідження. На основі системного підходу проводились аналіз і систематизація вітчизняних та зарубіжних конструкцій основних технічних засобів для підвищення ефективності робочих органів для сівби в селекції і насінництві з використанням методики синтезу і вибору раціональних технічних рішень. Теоретичні дослідження виконувалися шляхом математичного моделювання процесу роботи машин із використанням законів механіки. Експериментальні дослідження виконувалися в лабораторних та польових умовах з використанням натурних зразків робочих органів та машин за стандартними та розробленими методиками, а також регресійного і кореляційно-спектрального аналізів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в підвищенні ефективності механізованого процесу сівби в селекції і насінництві на основі

механіко-технологічних і конструктивних рішень для оптимізації параметрів робочих органів: *вперше*:

- отримано залежності, що описують взаємозв'язок технологічних і конструкційно-експлуатаційних особливостей застосування робочих органів селекційно-насінницьких машин для висіву насіння з їх параметрами і режимами роботи, які забезпечують розширення їх технологічних можливостей;

- створена нова теорія горизонтальних і вертикальних поступальних коливань лонжерона комбінованого сошникового вузла з зубчастим розрізаючим диском і системою пружинних механізмів з натискною і робочою пружинами, які на відміну від існуючих дозволяють вивчати вплив віброефекту на тяговий опір сошника;

- отримані аналітичні залежності щодо визначення тягового опору і коливань різних типів робочих органів для сівби, отримана математична модель дає змогу визначати амплітуди і частоти поступальних коливань зубчастого дискового ножа сошникового вузла, встановленого на вібропідвісці в залежності від його конструктивних параметрів і кінематичних режимів роботи, які дозволять знизити енергоємність робочого процесу;

- одержано залежності щодо визначення характеру розподілу насіння в насінневій борозні з урахуванням конструктивних особливостей комбінованих висівних робочих органів, які дозволяють підвищити ефективність висіву насінневого матеріалу в межах агротехнологічного допуску;

- отримано залежності щодо кореляції норми висіву насіння висівним апаратом суцільного висіву з швидкістю сівалки при електронному керуванні висівним апаратом котушкового типу, які дозволили розширити діапазон регулювань норм висіву; *набуло подальшого розвитку*:

- систематизація підходу з обґрунтування шляхів оптимізації технологічних схем селекційних сівалок, яка на відміну від існуючих,

дозволяє удосконалити процес висіву насіння в селекційно-дослідній роботі;

- розвинуті теоретичні положення землеробської механіки про взаємодію з ґрунтом робочого органу сівалки – комбінованого сошникового вузла, встановленого на вібропідвісці;

- вирішення проблеми застосування автоколивачів для використання в енергоощадних технологіях селекційно-насінницької сівби.

Практичне значення одержаних результатів. Визначені експлуатаційні можливості створених конструкцій робочих органів машин для селекційно-насінницької сівби та підготовки ґрунту, обґрунтовані їх конструктивні і режимні параметри, які зменшують металоємність та енергоємність процесу сівби, забезпечують необхідну сталість норми висіву насіннєвого матеріалу, розширюють технологічні можливості технічних засобів та діапазон регулювання норми висіву.

Отримані результати досліджень використані НВО «Селта» при розробленні, постановці на виробництво і вдосконаленні селекційних сівалок: СС-16; ССК-6; СЦН-10; СНСК-6 (технічні завдання від : 25.06.2008 р., 23.11.2009 р., 28.07.2011 р. та акти польових досліджень і впровадження від: 21.11.2006 р.; 25.10.2013 р.; 10.12. 2013 р.; 18.05.2014 р.; 10.06.2014 р.).

Запропоновані технічні рішення забезпечують діапазон регулювання норм висіву селекційно-насінницькою сівалкою, розширений більш ніж в 3 рази, і не вимагають додаткового переналагодження висівного апарату, норма висіву насіннєвого матеріалу селекційною сівалкою може бути зменшена на 15% на підвищених в 1,5 – 2 рази робочих швидкостях.

Базові конструкції рядкових сівалок можуть бути використані для закладення дослідів в селекційній роботі за енергоощадними технологіями.

Практичне значення зазначених робіт підтверджується економічною доцільністю. В країні більше 100 тис. га зайнято під селекційно-насінницькими посівами. Підвищення ефективності сівби, як базової визначальної операції селекційно-насінницьких процесів з зернобобовими

культурами на 1 тис. грн./га тільки за рахунок вдосконалення СВ принесе економію більше 100 млн. грн./рік.

Новизну запропонованих технічних рішень захищено 8 патентами на винаходи.

Особистий внесок здобувача полягає у розробці методик оцінювання комбінованих і універсальних робочих органів для висіву насіння в селекційно-насінницькій роботі. Розроблено методику визначення режимів роботи катушкових висівних апаратів [46,48,49,65,81,249,250] та обґрунтовано функціональні параметри автоматичного управління нормою висіву [39,48,54,106], розроблено методику визначення тягового опору та параметрів вібрації сошникових вузлів та обґрунтовано напрямки зниження енерговитрат при сівбі за мінімальної підготовки ґрунту та без попередньої підготовки [3, 4,18,21, 34, 21, 44, 45, 51-53, 58, 61, 104]. Основні результати, які відображають суть дисертаційної роботи, отримано автором самостійно. У наукових працях, написаних у співавторстві, особистий внесок здобувача полягає в:

- аналізі, обґрунтуванні та дослідженні технічних засобів для підготовки ґрунту та сівби зерна на селекційних ділянках [35, 36, 40, 55, 57];
- аналізі ефективності, розробці та дослідженні робочих органів технічних засобів для селекційно-насінницької сівби зернових, зернобобових культур і трав культур та розробці напрямів вдосконалення технологій сівби, що дозволяють знизити енергозатрати та норму висіву насінневого матеріалу [34, 54, 60, 62, 64, 105-107].

Дослідження проводилися в наукових лабораторіях НВО «Селта», ПФ НУБіП України «КАТУ», Кримському інституті АПВ УААН, ІСХ Криму НААН, ННЦ «Інститут землеробства НААН», Інституту зрошуваного землеробства НААН, ПУФ УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, НЦ НС «СГІ» НААН; у виробничих умовах – в аграрних господарствах Херсонської, Одеської, Київської областей та в Автономній Республіці Крим [21, 39, 40, 43, 47].

Здобувачем розроблено 8 технічних рішень, які було визнано винаходами. Технічне рішення, захищене патентом України №107775, є основним при проектуванні сівалок для енергоощадних технологій, розроблено здобувачем одноосібною. При розробленні інших технічних рішень здобувач виконав: патенти №№ 55609, 55778, 58026, 68031, 70654 – розробив спосіб автоматичного керування висівним апаратом селекційно-насіницької сівалки; патенти №№ 73919, 88696, 93837, 106315 – розробив конструкційні схеми висівних робочих органів; патенти №№ 93643, 107439 – розробив конструкційні схеми технічних засобів і форми виконання їх елементів.

При створенні експериментальних зразків нових технічних рішень здобувач, як науковий керівник і відповідальний виконавець, брав особисту участь на всіх етапах впровадження результатів досліджень у виробництво : розробці технічних завдань, обґрунтуванні технологічних та конструктивних схем і режимних параметрів, у виготовленні, розробці програми лабораторно-польових досліджень та перевірці їх у виробничих умовах, а також опрацюванні результатів. і підготовці публікацій.

Постановка завдань, аналіз і трактування результатів виконано спільно з науковим консультантом. Загальна частка участі в опублікованих у співавторстві працях становить до 75%, а в охоронно-правових документах – до 90%.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень, отримані в дисертації, заслухані та обговорені на міжнародних науково - технічних семінарах, симпозиумах і конференціях: міжнародній науково-технічній конференції до 30-річчя кафедри «Автоматизації виробничих процесів» КДТУ «Автоматика і комп'ютерні технології у виробництві і АПК» (м. Кіровоград, 2002 р.); міжнародній науково-технічній конференції до 70-річчя кафедри «Сільськогосподарські машини» ТДАТА (м. Мелітополь, ТДАТА, 2004 р.); міжнародних науково-технічних конференціях ПФ НУБіП України «КАТУ» (м. Сімферополь, ПФ НУБіП України «КАТУ»),

2008 – 2014 рр.); міжнародних XVI, XVIII, XIX, XXI, XXII науково-технічних конференціях «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» та III, V, VI, VIII, IX Всеукраїнських конференціях-семінарах аспірантів, докторантів та здобувачів у галузі аграрної інженерії (сmt Глеваха, ННЦ «ІМЕСГ», 2008, 2010, 2011, 2013, 2014 рр.); міжнародній конференції Північних країн «От полевого експеримента – к созданию устойчивых агроэкосистем в изменяющемся мире: методология, инструментарий, реализация» (м. Санкт-Петербург, СПбДАУ, 2010 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Моделювання процесів в АПК» (м. Мелітополь, ТДАТУ, 2010 р.); міжнародній науково-технічній конференції до 60-річчя заснування енергетичного факультету «Проблеми енергетики і прикладної біофізики в АПК» (м. Мелітополь, ТДАТУ, 2012 р.); міжнародних науково - технічних конференціях «Сучасні проблеми землеробської механіки», присвячених 113 і 116-й річницям від дня народження академіка П.М. Василенка (сmt. Глеваха, ННЦ «ІМЕСГ», 2013 р., м.Суми, СНАУ, 2016 р.); міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки» (м. Кіровоград, КНТУ, 2013-2015 рр.); Всеукраїнських науково-практичних конференціях «Проблеми енергоресурсозбереження в промисловому регіоні. Наука і практика» (м. Маріуполь, ДВНЗ «ПДТУ», 2015-2016 рр.); міжнародній конференції „Conserving Soils and Water 2016” (м. Бургас, Болгарія).

Публікації. Основні результати досліджень за темою дисертації викладені у 50 опублікованих роботах, у тому числі в монографії, 46 статтях і тезах (9-одноосібно), в тому числі 27 в фахових виданнях України, 8 – у мзакордонних виданнях, 8 патентах України (1 - одноосібно).

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, що включає 267 найменувань. Зміст дисертації викладено на 428 сторінках, містить 152 рисунки, 32 таблиці та 7 додатків.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ МЕХАНІЗАЦІЇ СІВБИ В СЕЛЕКЦІЇ І НАСІННИЦТВІ

Сівба є однією з основних польових операцій, які визначають майбутній врожай сільськогосподарських культур. Сівба насіння на дослідних ділянках – найзатратніша операція серед інших селекційно-насінницьких робіт. Методика селекції і первинного насінництва передбачає порівняння численних зразків насіння чи рослин різного походження і відбір [1, 5, 82, 93, 117, 151, 166]. При цьому зразки, що поступаються контролю за якістю ознак, що досліджуються, відбраковують, а кращі – розмножують. З останніми проводять подальшу роботу безпосередньо до передачі насіння у виробництво. Порівняння зразків за продуктивністю окремих рослин, за загальним врожаєм з ділянки чи іншими корисними ознаками можливе тільки при забезпеченні однакових умов їх вирощування. Одним із важливих факторів є адекватне розміщення на ділянках, що порівнюються. На перших етапах селекції (гібриди, мутанти, відбори і т. ін.), коли висівають окреме насіння і їх перші потомства, необхідно для всього насіння забезпечити однакові площі живлення з рівними геометричними розмірами. В міру збільшення кількості насіння в зразках, тобто на наступних етапах, вимоги до точності розкладання насіння наближаються до виробничих. Але і при цьому глибина висіву і розташування насіння в рядках, розподілення його на площі ділянок, що порівнюються, повинні задовольняти вимогам адекватності. Посівні машини в однакових умовах забезпечують і однакову якість розміщення насіння, але в селекції повністю унеможлиблюється використання виробничих машин, особливо на ранніх етапах і в первинному насінництві [123]. Збереження цілісності насіння, здатність висіву невеликих зразків (10 – 100 насінин) до останнього зерна на певну довжину рядка чи з дотриманням заданої пометрової норми висіву, надійність і легкість очищення висівних апаратів від залишків насіння, повне виключення змішування зразків – це неповний перелік додаткових вимог. А також, якщо

врахувати, що розміри, маса, форма і властивості поверхні численних зразків насіння навіть однієї культури варіюють у широкому діапазоні, стають очевидними труднощі, що виникають при створенні надійної, простої і достатньо дешевої селекційної посівної машини [151, 202].

Для забезпечення високої якості висіву необхідно рівномірно розподілити насіння по площі, при цьому глибина висіву насіння повинна бути однаковою. При зменшенні, а нерідко і при збільшенні норми висіву врожай знижується. Крім того, при недотриманні агротехнологічних вимог непродуктивно втрачається цінний посівний матеріал [115, 117, 123-126, 188].

При порівняно невеликій площі (25...100 га), що відводиться для селекційно-дослідних робіт, кількість тільки однорядкових ділянок в одній установі може становити до 70 тис. шт. [6]. Аналіз негативних тенденцій, що мають місце у сфері селекції та насінництва в Україні, дає змогу дійти висновку, що однією із причин слабкої конкурентоспроможності вітчизняних сортів, гібридів та насінневої продукції є, серед інших, низький рівень технологій та технічного забезпечення [117]. Основна проблема, пов'язана з виробництвом селекційної техніки, в тому, що різних типорозмірів машин потрібно багато, а загальна кількість кожного типу, необхідна для повного забезпечення потреби в них селекційно-дослідних установ, порівняно мала при високій вартості машин [1, 6, 121]. Для забезпечення різних варіантів схем висіву на різних стадіях селекції і первинного насінництва необхідно мати посівні машини різних типорозмірів залежно від кількості насіння, що висівається, і типу розсадника відповідно прийнятих умовних етапів селекційно-насінницьких робіт.

Враховуючи вимоги до параметрів ділянок потрібно 18 типів машин для забезпечення посівів в селекційній роботі. Дослідження селекційних сівалок різних конструкцій показало, що типаж сівалок другого, третього і четвертого етапів селекційних робіт можна звести до двох основних типів за шириною захвату: перша – з колією, що змінюється в межах 110 – 150 см, і

друга – з колією 160 – 200 см. Кожний з цих типів повинен включати два підтипи: А – сівалки для висіву без проміжків, і В – сівалки для висіву з проміжками [154]. Селекційні сівалки відомих виробників для досліджень за сучасними енергоощадними технологіями комплектуються, як правило, робочими висівними органами промислових машин, що серійно випускаються [155].

Світове виробництво селекційної техніки зосереджено в основному в таких фірмах, як «Амако» (США), «Хете» (Німеччина), «Вінтерштайгер» (Австрія), «Сампо Розенлев» (Фінляндія), «Веструп» (Данія). Аналіз структури виробництва сільськогосподарської техніки провідних фірм показує, що вони приділяють значну увагу оптимізації параметрів машин і їх робочих органів відповідно до потреб виробництва, злагодженості в технологічних лініях і енергетичних засобах. Усе це спрямовано на задоволення потреб різних категорій виробників, зменшення трудових затрат, матеріально-технічних і енергетичних ресурсів на виробництво продукції [6, 121, 123, 144].

Селекційні центри відмічають, що основну існуючу сільськогосподарську техніку у багатьох інститутах для селекційно-насінницьких потреб було розроблено та створено за часів СРСР. Багато з неї застаріло як морально, та і фізично, а придбання нової гальмується тим, що більшість її створюється за кордоном. Вітчизняні сівалки, розроблені з початку 2000-х років, випробувані та виготовлялись невеликими партіями для зернових і зернобобових культур (селекційна касетна автономного розподілу – для другого етапу, сівалка касетна центрального розподілу – для третього етапу і навісна селекційно-насінницька – для четвертого етапу), потребують модернізації як по елементній базі, так і конструктивно для забезпечення селекціонерами дослідних робіт при впровадженні сортів за новими енергоощадними технологіями [1, 59, 60, 64, 66, 78, 121, 144, 177].

Середні витрати праці на обробіток і прибирання гектару селекційних посівів зернових та зернобобових культур становлять 58 людино-днів.

Задачу створення нових сортів, гарантованого збереження генофонду рослин неможливо вирішити без селекційно-насінницьких машин, проектування і створення яких пов'язане з особливими властивостями селекційно-насінницьких процесів, складністю і трудністю їх виконання, що визначає конструктивні параметри селекційної техніки. Техніка нового покоління повинна створюватись на основі накопиченого досвіду, сучасної елементної бази, на принципах блочно-модульності, багатофункціональності і універсалізації. Вітчизняна селекційна техніка, що створюється, повинна мати обґрунтовану ціну і за всіма показниками бути кращою за закордонні аналоги. Для забезпечення варіантів схем висіву на різних етапах селекції і первинного насінництва використовують машини чотирьох типорозмірів залежно від кількості насіння, що висівається, і типу селекційного розсадника. Аналіз останніх досліджень і публікацій засвідчує, що в Україні питаннями селекції і первинного насінництва зернових, зернобобових та інших культур займаються близько 100 наукових організацій, селекційних центрів і дослідних станцій, крім того є багато ділянок сортовипробування [59, 107, 170].

У спеціальних центрах проводиться робота із селекції жита, пшениці озимої та ярої, тритикале, ячменю, проса, гороху, кукурудзи, сої, соняшника, рицини, рапсу ярого, гірчиці, суріпиці, трав, хмелю, конопель, льону, олійного маку, перцю, томатів, картоплі, огірків, зерняткових, кісточкових та ягідних культур, шовковиці і тутового шовкопряда, винограду, тютюну, декоративних, горіхоплідних, технічних і лікарських рослин. Щороку засівається від 2,5 до 3,0 млн. дослідних ділянок загальною площиною від 10 до 11 тис. га. Площа насінницьких посівів щороку становить 105 – 110 тис. га.

Насінництво ведеться з усіх колосових, зернобобових, олійних, овочевих і технічних культур зазначених вище.

Надаючи великого значення механізації у справі підйому загального рівня селекційно-дослідної роботи, більшість селекційних центрів прагнуть

розв'язувати цю проблему на базі раціоналізації, шляхом пристосування машин загального призначення. Однак, різноманіття технічних прийомів і методів в селекційній роботі не дає змоги отримати належного економічного ефекту від механізації окремих операцій технологічного процесу обробітку польових культур на дослідних ділянках. Технологія проведення робіт за ними вимагає: точного розкладання насіння через 5 см у рядку для засіву колекційних і гібридних розсадників; проведення рядкового висіву потомства окремих рослин чи суцвіть (до 500 шт. насіння) на однорядкових чи багаторядкових ділянках; висів у розсадниках, що складаються із багаторядкових ділянок, на які висівають насіння, отримані із пучка рослин, тобто в усі рядки ділянки висівають насіння одного і того самого сорту; рядкового висіву насіння зернових, зернобобових і круп'яних культур на ділянках конкурсного сортовипробування і ділянках попереднього розмноження нових сортів.

Забезпеченість селекційних організацій засобами механізації й автоматизації дуже низька, оскільки селекційної техніки випускається недостатньо як за кількістю так і за номенклатурою, що пояснюється численністю типорозмірів машин при обмеженій потребності. З виробничо-технологічної точки зору виготовлення таких машин на промислових підприємствах економічно не вигідне і складне, оскільки потребує частого переналаджування і створення нового технологічного циклу при їх виробництві. Невеликий обсяг виробництва зумовлює високі ціни.

Складність вирішення цієї проблеми зумовлена також застосуванням різних методів закладання польових дослідів. Дослідні ділянки відрізняються як за площею, так і за конфігурацією (відношення ширини ділянки до її довжини), технологічними прийомами, різними сільгоспкультурами. Часто польові досліді проводяться з методичними похибками і високою собівартістю через невідповідність діючих машин вимогам дослідної справи. Недостатній також обсяг прикладних і теоретичних досліджень механізації польових робіт й обміну інформацією. При такому положенні, зрозуміло,

виникають труднощі універсалізації машини. Необхідно відзначити, що до спеціальних селекційно-насінницьких засобів механізації пред'являють більш жорсткі вимоги, ніж до загальновиробничих сільгоспмашин, оскільки:

- під час передпосівної обробки, висіву і догляду за рослинами (для запобігання ущільнення ґрунту) наявність сліду руху агрегату допускається лише на міжділяночній доріжці;

- параметри технологічних операцій (глибина обробки ґрунту і загортання насіння, висота зрізу при збиранні і т. інш.) повинні виконуватись з великою точністю;

- для запобігання засміченню дослідного матеріалу при переході з одного варіанту досліду на інший повинна бути забезпечена легкість повного очищення машини;

- травмування насіння робочими органами машини має бути зведено до мінімуму [123, 151, 161, 166, 202].

Разом з тим невідкладного вирішення потребують питання розширення технологічних можливостей селекційних сівалок, що використовуються, створення перспективних робочих органів для досліджень сучасних енергоощадних технологій та розширення аспектів застосування посівних агрегатів створених на новій елементній базі. Такі ж самі питання виникають при придбанні імпортової техніки, оскільки в зарубіжних країнах свої умови й інші вимоги до них.

Враховуючи досвід того, що традиційна розробка окремо взятих питань у галузі сільськогосподарського виробництва неефективна - системний аналіз елементів у поєднанні з математичним моделюванням є перспективним напрямком оптимізації системи машин для селекційно-насінницьких посівів і її застосування, при максимальному скороченні номенклатури потрібних машин і знарядь шляхом уніфікації, універсалізації, комбінування, розробки змінних робочих органів до базових агрегатів на основі застосування уніфікованих технологій [13, 16, 19, 25, 31, 77, 171, 178].

1.1 Стан технології і селекційних процесів сівби зернових і зернобобових культур

Типаж мобільних селекційно-насінницьких машин значною мірою визначається набором необхідних для селекціонерів варіантів схем висіву, тобто конфігурацією і розміром дослідних ділянок, розміщенням рослин на них, шириною доріжок і інших параметрів [6, 31, 166].

Відповідно стандартизовані наступні варіанти розміщення ділянок:

- однозернові ділянки на I етапі робіт;
- висів без проміжків, який застосовується переважно на II етапі;
- висів з проміжками, що застосовується на III і IV етапах селекційної роботи.

Схема посівів та умовних позначень приведені на рис. 1.1.

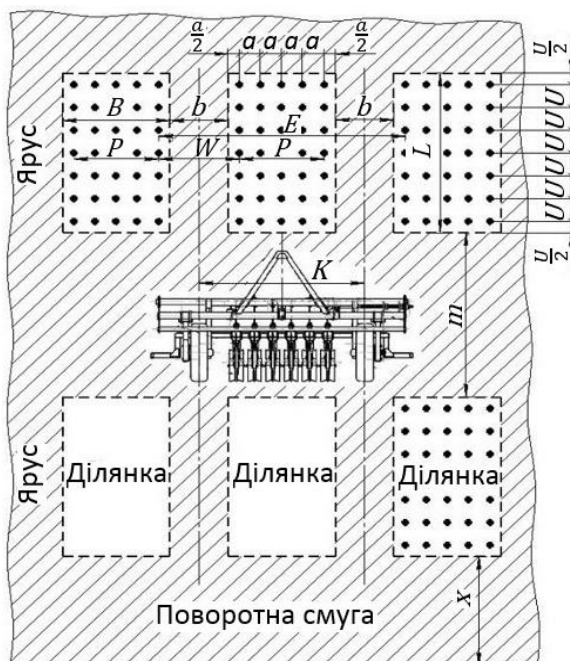


Рис. 1.1. Схема розміщення ділянок на III і IV етапах селекційних робіт:

a – ширина міжряддя; b – ширина міжділяночної доріжки; L – довжина ділянки; W – ширина міжпосівної доріжки; W' – ширина міжсмугової доріжки; m – ширина між'ярусної доріжки; K – ширина сліду колеса сівалки; P – ширина посіву; P' – ширина посівної смуги; B – ширина ділянки; X – ширина поворотної смуги

На I етапі робіт окреме насіння висівають на ділянках з фіксацією місця висіву. Ділянки являють собою прямокутник зі сторонами шириною «а» і довжиною «и». Залежно від умов селекції площа ділянки може варіювати від 0, 0075 до 0,12 м². Насіння повинно бути розташоване в точці перетину діагоналей прямокутника. З метою забезпечення умов нагляду за розвитком рослин і проведення робіт за доглядом і збиранням залишаються міжрядкові доріжки шириною в 1 – 2 міжряддя і між'ярусні доріжки від 50 до 70 см. Для висіву застосовують сівалки з апаратами періодичної дії («крокуючий штамп»), що проводить висів по одній насініні з фіксацією місця загортання конкретного насіння. Сівалка за один цикл повинна висівати рядок довжиною 1м. Рядки розташовуються через 15, 30, 45, 60 см.

На II етапі селекційної роботи проводять висів насіння від окремої рослини чи суцвіття (без повторень), без проміжків (рис. 1.2, а). Кількість насіння у варіанті, що висівається, шт.: зернових культур до - 1000; бобових – до 300; гречки до – 600; проса до – 1000. Кількість рядків у ділянці, шт.: від 1 до 6. Довжина ділянок, м: для зернових – від 1 до 2/5/, для зернобобових – від 1 до 8. Ширина міжрядь у межах, см – від 20 до 70, ширина посіву, см – від 20 до 160. Ширина міжсмугової доріжки, см, не більше: для зернових – 70, для зернобобових – 75. Ширина між'ярусної доріжки, м, не більше 2. Ширина поворотної смуги, м, не більше 6. Площа однієї ділянки, м²: для зернових – від 0,2 до 5, зернобобових – від 0,9 до 10.

Сівба насіння проводиться у такий спосіб, що кожний рядок являє собою наче окрему ділянку, засіяну окремим селекційним номером. У цьому випадку доцільно, щоб усі рядки знаходились у відносно однакових умовах за густиною розміщення й освітленістю. Для цього необхідно, щоб усі міжряддя були однаковими. Ширина міжсмугових доріжок W' чи між посівних доріжок W , по яким проходять колеса посівного агрегату, також має бути рівною «а». Така сівба, коли $a = WW'$ стандартизований як «сівба без проміжків». Крім того, величина W повинна бути достатньою для того щоб колесо посівного агрегату проходило по ній, не пошкоджуючи рядки

сусідньої ділянки. Для дотримання цієї умови між ободом колеса і крайнім рядком сусідньої ділянки повинен бути зазор не менш 5 см з кожної сторони сівалки чи трактора. При $a = W$, $a \geq (c+10)$ см. Для самохідних сівалок у яких колесо з ободом 10 см, $a_{min} = 20$ см. Максимальна ширина залежить від умов селекційного процесу і прийнята рівною 70 см.

Для визначення необхідних параметрів сівалки при виконанні сівби без проміжків в ОСТі 4673-78 приведена таблиця з варіантами висіву за допомогою типорозмірів сівалок [166].

III етап – селекційний розсадник 2-го року контрольного, попереднього сортовипробування і розсадник досліджень 2-го року (первинне насінництво).

Проводиться висів з проміжками насіння (рис. 1.2, б), отриманого від пучка рослин у 2 і 6 кратних повтореннях.

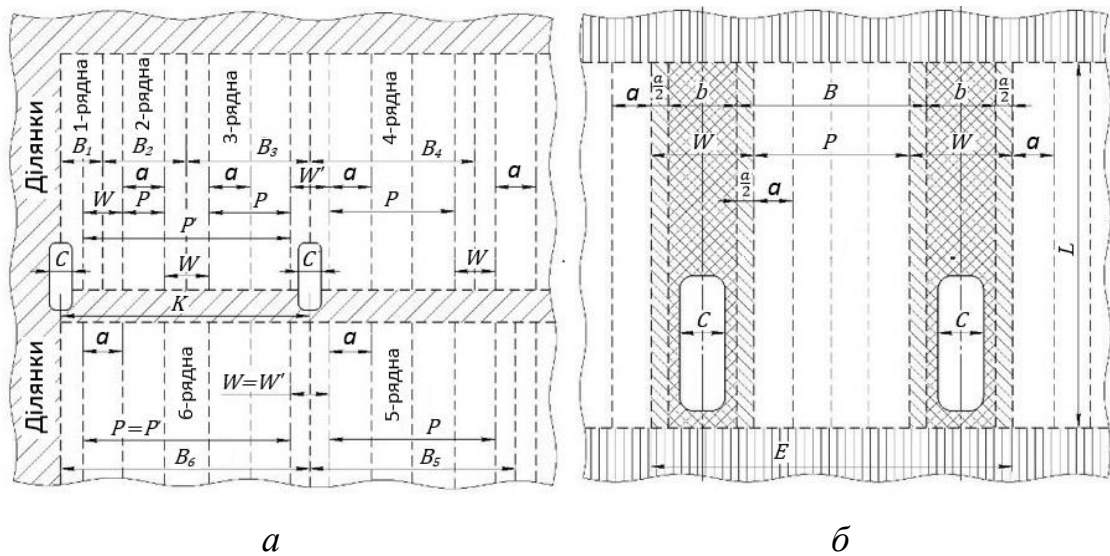


Рис. 1.2. Схеми розташування ділянок: *a* – при посіві без проміжків, *б* – при посіві з проміжками:

a – ширина міжряддя; *b* – ширина міжділяночної доріжки; *l* – довжина ділянки; *W* – ширина міжпосівної доріжки; *W'* – ширина міжсмугової доріжки; *C* – ширина сліду колеса сівалки; *P* – ширина посіву; *P'* – ширина посівної смуги; *B* – ширина ділянки; *E* – ширина проїзду

Кількість насіння для однієї ділянки, кг: зернових – від 0,9; зернобобових – від 0,5. Число рядків у ділянці, шт. – від 2 до 12; довжина ділянки, м – від 2 до 20. Ширина посіву, см – від 60 до 115. Ширина міжряддя, см – від 10 до 70. Ширина міжпосівної доріжки, см не більше: для зернових – 70; для зернобобових – 75. Ширина між'ярусної доріжки, м – не більше 2. Ширина поворотної смуги, м – не більше 6. Площа однієї ділянки, м²: для зернових – від 2 до 25, зернобобових – від 5 до 15.

IV етап – конкурсне сортовипробування. На цьому етапі робіт повинен проводитись висів у 4-6-кратній повторності нових перспективних сортів і селекційних номерів. Кількість насіння для однієї ділянки, кг: зернових - до 3,6; зернобобових – до 1,5. Кількість рядків у ділянці, шт. – від 3 до 16; довжина ділянки, м – від 2 до 20. Ширина висіву, см – від 116 до 165. Ширина міжряддя, см - від 10 до 70. Ширина міжпосівної доріжки, см, не більше: для зернових – 70; для зернобобових – 76. Ширина між'ярусної доріжки, м – не більше 8. Ширина поворотної смуги 8 м. Площа однієї ділянки, м²: для зернових – від 10 до 100, зернобобових – до 25.

На дослідних ділянках III і IV етапів селекційних робіт ширина міжряддя повинна відповідати ширині міжрядь, що застосовуються у загальновиборочних посівах. Найменша ширина міжрядь, яку бажано мати в селекційній роботі – 10 см. Однак таке міжряддя не може слугувати доріжкою, з якої можна було б вести спостереження за посівами на ділянках, тим більше для проходження по ним коліс сівалки. Тому між ділянками залишають міжділяночну доріжку шириною не менше 35 см. Для зернових культур достатньо мати ширину міжрядь 45 – 50 см, а для зернобобових, що стеляться, а $W_{\max}=75$ см.

Таким чином, основні вимоги до технології посівів у селекції і первинному насінництві зернових і зернобобових культур наступні:

- при однозерновому способі висіву насіння необхідно розташовувати з інтервалом, кратним «а» в рядок довжиною 1 м. Рядок від рядка повинен

бути розташований на відстані кратній «и», на ділянках прямокутної форми зі сторонами «а» і «и», де «а» – кратне 5 см, а «и» – кратне 15 см;

- при рядовому висіві мінімальна ширина міжпосівної і міжсмугової доріжок повинна бути не менш ніж на 10 см ширше колеса самохідної сівалки чи трактора;

- при висіві навісними сівалками, коли ширина сліду колеса трактора становить 25 см, на посівах без проміжків мінімальну ширину міжрядь слід приймати рівною 35 см;

- при посівах без проміжків, що виконуються самохідними сівалками, що мають ширину сліду колеса 10 см, мінімальна ширина міжряддя повинна бути 20 см;

- максимальна ширина міжпосівних доріжок не має перевищувати 75 см для зернобобових, що стелються, і 70 см – для прямостоячих рослин;

- висів без проміжків (ширина міжпосівної доріжки рівна ширині міжряддя) повинний характеризуватися таким співвідношенням основних параметрів [154, 166] :

$$a = WW' ; \quad (1.1)$$

$$P = a(n - 1); \quad (1.2)$$

$$K = P + a; \quad (1.3)$$

$$n = \frac{K}{a} = \frac{P}{a} + 1; \quad (1.4)$$

- висів із проміжками (з міжділяночними доріжками) повинен мати такі співвідношення параметрів [154, 166] :

$$a < W; \quad (1.5)$$

$$a = \frac{P}{n-1}; \quad (1.6)$$

$$n = \frac{P+a}{a}; \quad (1.7)$$

$$k = P + W = a(n - 1) + W; \quad (1.8)$$

$$P = K - W = a(n - 1); \quad (1.9)$$

- для варіантів висіву з проміжками для III етапу селекційних робіт – значення P змінюється від 60 до 115 см при значеннях W від 35 до 70 см і K в межах від 110 до 150 см;

- висіви на IV етапі селекційних робіт слід виконувати згідно розрахунковими даними параметрів a , n , P , K для сівалки зі змінною колією від 160 до 200 см з інтервалом 10 см.

На всіх етапах робіт ділянки варто розташовувати ярусами. З метою забезпечення комфорту спостережень за розвитком рослин і проведення робіт за доглядом і збиранням врожаю між ділянками і ярусами необхідно залишати міжділяночні і між'ярусні доріжки. Ширину міжділяночних доріжок слід встановлювати з таким розрахунком, щоб колеса і робочі органи машин не завдавали шкоди рослинам сусідніх ділянок. Ширину між'ярусної доріжки і полоси для розвороту встановлюють з урахуванням технологічних операцій машин, при унеможливленні змішування сортів і пошкодження рослин. Ширина їх повинна бути достатньою для розвороту машинних агрегатів і їх переїзду від однієї ділянки до іншої.

Обробіток ґрунту для селекційно-насінницьких робіт виконується машинами загального призначення відповідно до технології у даній кліматичній зоні [71, 133-135, 190]. Однак у більшості випадків перед сівбою селекційного матеріалу необхідна допоміжна передпосівна підготовка ґрунту, а також маркування селекційного поля для формування розсадників, ярусів і рядків в ділянці. Розробкою цих машин займались НВО «Селта», НДІСГ РФ, ВНДІЗБК (м. Орел), МЗОК ВІМ, ВАТ «Агропромтехніка» (м. Тейково, Іванівської обл.). Були створені і впроваджені вирівнювач-подрібнювач ґрунту ВІП-2 для підготовки ґрунту, машина для формування

ярусів і маркування рядків МПМ-1, блочно-модульні культиватори сімейства КБМ, фрези навісні для суцільного обробітку ґрунту сімейства ФНС та ін. [21,177].

ВП-2 – використовується для передпосівного обробітку ґрунту під висів різних сільськогосподарських культур на першому – четвертому етапах селекційних робіт. Переваги машини: за один прохід подрібнює ґрунтові глибини, розпушує ґрунт, вирівнює мікрорельєф поверхневого шару й ущільнює поверхневий шар ґрунту. Напрямки вдосконалення: конструктивно посилити кріплення пружинних робочих органів, посилити брус до якого вони кріпляться, подовжити косинки для вузла кріплення машини з трактором, оскільки серга вирівнювача на поворотах впирається на поворотах у планку навісної системи трактора.

Машиною МПМ-1 розпушують поверхневий шар ґрунту на глибину висіву насіння, подрібнення чи видалення грудок, вирівнювання поверхні ґрунту і розмітки рядків в ярусі.

Переваги машини: всі операції виконуються за один прохід, є три типи змінних робочих органів, що застосовуються залежно від умов роботи: фреза – маркер (важкий грудкуватий ґрунт), ротаційна мотика – маркер (розпушення ґрунту, видалення бур'янів); вирівнювач – маркер (вирівнювання ґрунту, видалення грудок і розмітка рядків).

Важливо, що маркування рядків виконується вдавненням ґрунту на глибину від 1 до 1,5 см. При цьому розкриття борозни і, відповідно, висихання ґрунту не відбувається. Машина агрегатується за трактором Т-25 і використовується на першому етапі первинного насінництва.

Культиваторами КБМ-2.1 і КБМ-4.2 обробляють ґрунт під висів зернових, технічних і інших сільськогосподарських культур на селекційно-насінницьких ділянках.

Переваги машин: за один прохід підрівнює ґрунтові грядки, розпушує ґрунт, вирівнює мікрорельєф поверхневого шару; ущільнює верхній шар

грунту, висока технологічна ефективність при мінімальному опорі руху. Агрегатується з тракторами класів 0,6 і 1,4.

Фрезами ФНС-1,5 і ФНС-1,8 проводять підготовку ґрунту у відкритому і захищеному ґрунті під висів сільськогосподарських культур, у тому числі для цілей селекції на всіх етапах селекційних робіт.

Принцип роботи фрези – в пошаровому зрізанні поверхневого шару і кришенні ножами фрезерного барабану при його обертанні і поступальному переміщенні агрегату. Якість обробки залежить від складу ґрунту, вологості і кута нахилу захисного кожуха. Найбільше кришіння ґрунту відбувається при зустрічі шару, що відкидається, з кожухом під кутом близько 90° . Подача на ніж залежить від швидкості руху агрегату: при швидкості 1,7 км/год вона становить 64 мм, а при швидкості 2,5 км/год – 95 мм. Зі збільшенням подачі – збільшується потужність на фрезерування. Фреза ФНС-1,5 агрегатується з тракторами класу 0,6, при низькій налазці, а агрегатування ФНС-1,8 передбачено з тракторами класів 0,6; 0,9; 1,4.

Недоліками конструкції необхідно відзначити те, що в процесі підготовки ґрунту під сівбу виникає необхідність обробляти вологі, засмічені рослинними рештками ділянки ґрунту. Фрезерні машини, за допомогою яких можна підготувати ґрунт за один прохід, в даних умовах непрацездатні. Барабани фрез навесних як ФНС-1,5, призначених для суцільного обробітку ґрунту на I – III етапах селекційно-насінницьких робіт з різними сільськогосподарськими культурами, так і фрез загального призначення звичайно комплектуються відігненими під кутом 90° ножами. При фрезеруванні вологого і засміченого ґрунту рослинні рештки зависають на відігнутих частинах ножів і намотуються на барабан, що призводить до порушення технологічного процесу. Типорозмірний ряд і технічні характеристики базових машин для передпосівної підготовки ґрунту представлені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Типорозмірний ряд і технічні характеристики базових ґрунтообробних машин

Техніко-технологічна характеристика	Марка машини					
	МПМ-1	ВП-2	КБМ		ФНС	
			КБМ-2,1	КБМ-4,2	ФНС-1,5	ФНС-1,8
Агрегування, кл. Трактора	0,6	0,6	0,6	1,4	0,6	0,6-1,4
Продуктивність, га/г	0,22-0,4	0,97	2,1	4,2	0,2	0,32
Ширина захвату, м	1,0	2,0	2,1	4,2	1,5	1,8
Робоча швидкість, км/г	1,8-2,6	4,2	9-12		3,0	
Мінім. радіус повороту, м		4,4	3,1	3,15	4,5	4,7
Глибина обробітку, См	2-8	до 8	4-12		3-18	3-20
Кришіння, %, не менше			80,0		90,0	
Маса, кг	400,0; 387,0; 378,0	1095,0	450,0	700,0	413,0	495,0
Виробник	ВНДІЗБК, ВІМ	ВІМ, НВО «Селта»	ВАТ «Агропром-техніка» м. Тейково Іванівської обл.		НВО «Селта»	

1.2 Аналіз технічних засобів для рядкового висіву

Будь-яка сучасна сівалка – це високоточний агрегат. Допуск на дотримання норми висіву (кількість насіння по штуках на 1 га) порівняно $\pm 3\%$, а для бульб картоплі 2%. Відхилення глибини закладання насіння не

повинні перевищувати ± 1 см. Конструкція сівалок має забезпечувати виконання всіх цих вельми жорстких вимог. Працюють сівалки, картоплесаджалки і розсадосадильні машини в основному однаково. Сошники створюють у ґрунті на заданій відстані один від одного борозенки зі злегка ущільненим дном, висівний апарат укладає в борозенки насіння чи бульби. Знову сошники, а слідом за ними пристрої закладання засипають насіння розпушеним ґрунтом і ущільнюють його над рядками.

Конструктивне виконання вітчизняних і зарубіжних селекційних сівалок і їх основних робочих органів дуже різноманітне [234-238;244, 259, 260].

До селекційної посівної техніки пред'являють низку спеціальних вимог, що враховують особливості процесу виведення нових сортів на різних стадіях селекційно-насінницьких робіт [123, 161, 166]:

- відповідність агротехнічним вимогам і параметрам етапу селекційної роботи;
- мінімальне травмування насіння;
- самоочищення або легкоочищення;
- виключення засміченості одного сорту іншим;
- рівномірність розподілу насіння за площею ділянки і глибиною закладення в ґрунт.

Сівалки різних виробників вирізняються будовою висівних апаратів. Це пояснюється тим, що зразки насіння вирізняються за розмірами, масою, формою і тому виникають значні ускладнення при установці сівалки на норму висіву.

Найбільшого поширення у вітчизняній і зарубіжній практиці набули порційні висівні апарати, прототипом яких була конструкція, запропонована Е. Ойордом (Норвегія) [123]. Регулювання її здійснюється не на норму висіву насіння, а на довжину рядка, що засівається. Згідно встановленій довжині рядка, що засівається будь-яка кількість заправленого в апарат насіння, незалежно від його фізико-механічних властивостей, буде висіяна на ділянці.

Значно спрощується підготовка насіння до сівби, яка зводиться до відваження або відліку певної порції насіння на задану довжину ділянки. С перевагою висівних апаратів порційного типу перед іншими є також незначне пошкодження насіння в процесі висіву.

Селекційні сівалки, обладнані висівними апаратами порційного типу, діляться на три великі групи:

- до першої відносяться машини, в яких сівба в кожний рядок здійснюється автономним апаратом. Вони здатні висівати одночасно таку кількість різних зразків, яка відповідає кількості працюючих висівних апаратів;

- до другої групи відносяться машини з одним або двома апаратами, кожен з яких може обслуговувати декілька рядків, причому кожен з апаратів засіває рядки своїм зразком;

- до третьої групи відносяться сівалки, забезпечені моноапаратом, що забезпечує висів багаторядкової ділянки (до десяти і більш) однією порцією насіння.

Селекційні сівалки першої і другої груп застосовуються на першому і другому етапах, третьої групи - на третьому і четвертому етапах селекції.

Як відмічалось у розд. 1.1, на першому етапі селекційних робіт необхідне точне розкладання насіння через 5 см у рядку для засіву колекційних і гібридних розсадників. Для висіву насіння в задане місце ділянки з фіксацією місця висіву вітчизняними селекціонерами, як правило, використовуються ручна саджалка РСС-1 і самохідна сівалка ССК-1.

Сівалка РСС-1 забезпечує висів насіння зернових, зернобобових і круп'яних культур (крім проса) на ділянках завширшки 1 м у первинних селекційних і насінницьких розсадниках по одному зерну з відстанню між насінням 10 см на глибину від 2 до 8 см. Сівалка складається із основи, двох ручок, двох апаратів розкладання насіння, насіннепроводів, сошників і педалей. Основа виготовлена із сталевих тонкостінних труб і слугує для кріплення до неї ручок сошників і педалей.

Схему ручної селекційної саджалки РСС-1 наведено на рис. 1.3.

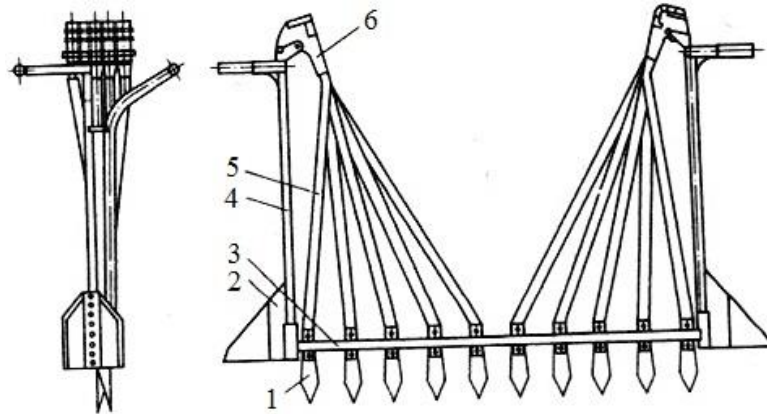


Рис. 1.3. Схема ручної селекційної саджалки РСС-1:

1 – сошник; 2 – педаль; 3 – рама; 4 – ручка; 5 – насіннепровід; 6 – висівний апарат

Для автоматичного висіву насіння із попередньо заряджених касет розроблена самохідна сівалка з пішим керуванням ССК-1. Конструктивна схема базової касетної сівалки для I етапу селекційних робіт ССК-1 (ВІМ РФ) і загальний її вигляд наведено на рис. 1.4. Сівалкою поштучно висівають насіння зернових, зернобобових і круп'яних (крім проса) культур. Сівалка самохідна з пішим керуванням забезпечує автоматичний висів насіння із попередньо заряджених касет.

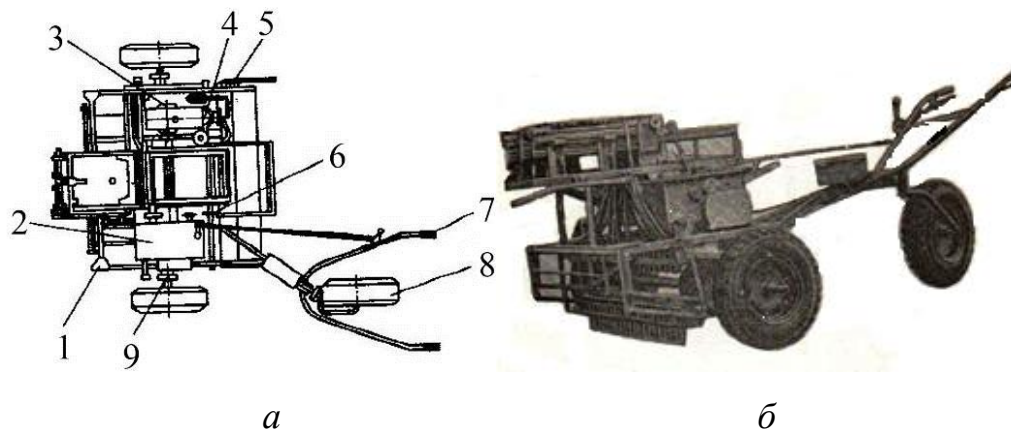


Рис. 1.4. Конструктивна схема (а) і загальний вигляд (б) сівалки касетної ССК-1:

1 – рама; 2 – коробка передач; 3 – редуктор; 4 – двигун; 5 – регулятор кліренсу; 6 – контрпривід; 7 – кермо керування; 8 – підтримуюче колесо; 9 – ведучий міст

Складається із наступних вузлів: шасі, трансмісії, висівного апарату з блоком касет, магазину, механізму приводу касет, приймального лотка і насіннепроводів, сошникового механізму, призначеного для забору насіння із висівного апарату, приготування лунок, висіву насіння і приводу сошників, пристрою для розкриття і закриття сошників, пристрою для загортання насіння. Робоча ширина захвату – 1м, кількість касет у блоці – 5, кількість вічок у касеті – 500, продуктивність – 750 рядків на годину, розрахункова маса, кг – 355.

Провідні фірми ведуть роботу в наступних напрямках. Австрійською фірмою «Вінтерштайгер» для висіву насіння зі строго заданим інтервалом між насінням у рядку (від 2 до 40 см) розроблено сівалку з пневмомеханічним висівним апаратом, який дозволяє висівати насіння різних розмірів і форм. Сівалка монтується на самохідному шасі «Плодспайдер» з дизельним двигуном потужністю 17 кВт. Кількість рядків 6 чи 12. Дворядна сівалка точного висіву агрегується з шасі «Плотмен».

Фірма «Хеге» (Німеччина), яка передала розробки по сівалках фірмі «Вінтерштайгер» (Австрія), випускала пневматичну однозернову сівалку «Хеге-96» для прецизійного висіву зернобобових культур на дослідних ділянках.

Точний висів досягається пристосуванням металевих дисків з каліброваними отворами, що розставлені на відстані один від одного на однаковий центральний кут. До кожного отвору диску присмоктується одне насіння, потім одно зерновий потік подається по насіннепроводу в сошник.

На дослідній станції «Інтра» (Франція) розроблено однозернову сівалку для висіву кукурудзи, соняшника, бобових, зернових колосових, буряків цукрових, рапсу та інших культур (серійне виробництво не налагоджено).

Висівний апарат має конструкцію, ідентичну вищеописаній, вакуумом подається насіння до гнізд висівного диску, а очищення його отворів здійснюється пневматично. Висів може здійснюватися в 4 чи 6 рядків з міжряддям 20 – 30 см і відстань між насінням у рядку 1,5 – 50см.

Пневматична однозернова сівалка сконструйована в Канзаському університеті (США) [265].

На ділянках II етапу селекційних робіт проводять рядковий висів потомства окремих рослин чи суцвіть (до 500 шт. насіння) на одно чи багаторядкових ділянках високопродуктивними конструктивно складними сівалками, оскільки на цьому етапі, крім дотримання спеціальних агротехнологічних вимог (розд.1.1), кількість однорядкових ділянок в одній селекційній установі може становити до 70 тис., які потрібно засіяти в певні агротехнологічні строки [6].

Селекційні машини, що існують у світовій і вітчизняній практиці, для висіву насіння на ділянках другого етапу можна віднести до трьох типів:

- одно -, два - і трирядкові ручні сівалки, пересування їх і привод робочих органів здійснюється мускульною силою сівача або від двигуна внутрішнього згорання;

- три -, десятирядні самохідні сівалки з приводом від автономного двигуна внутрішнього згорання або електродвигуна;

- три -, десятирядні сівалки навісного або причіпного типу, що агрегатуються з трактором або самохідним шасі.

Відомі конструкції ручних сівалок[263, 265]. У вітчизняній практиці машинами першого типу для посіву на ділянках другого етапу були сівалка ручна однорядна СР-1, а потім вдосконалена її модель СР-1МА (НВО «Селта» [121, 173]. Нині ручні селекційні сівалки випускають і інші виробники: сівалка ручна Клен-Р (МСНВП «Клен», м. Луганськ) [158], порційна ручна сівалка Rowseed 1R (Wintersteiger, Австрія) [156]. Технічна характеристика ручних однорядних сівалок наведено у табл. 1.2.

Технічна характеристика ручних однорядних сівалок

Показник		Марка сівалки		
Найменування	Значення	СР-1МА	КЛЕН-Р	Rowseed 1R
Розмір насіння	-	Насіння зернових, зернобобових, круп'яних культур	Від дрібного насіння трав, квітів, овочів до крупних бобів	Від дрібного насіння трав і овочів до крупних бобів
Довжина рядків, м	м	від 1 м і вище	від 1 м і вище	від 0,6 м і вище
Висівні апарати	-	Комірчастий диск	Порційна висівна система з конічним висівним апаратом	Конічний дозатор діаметром 120 або 195 мм
Габарити, мм	м			
довжина		980	1600	1800
ширина		620	600	600
висота		1000	1000	1000
Маса	кг	12,8	30	40

Ручна селекційна однорядна сівалка СР-1 і модернізована модель СР-1М забезпечує висів насіння зернових, зернобобових і круп'яних культур у первинних селекційних і насінницьких розсадниках на ділянках довжиною 1 м і більше. Складається із рами з двома штангами, що регулюються по висоті, опорно-приводного колеса, висівного апарату сошника, двох прикочувальних коточків, клиноремінної передачі приводу висівного апарату і органів керування висівним апаратом. Сівалка поставлена на виробництво в НВО «Селта», ВИМі, Федеральному державному унітарному підприємстві «Омський експериментальний завод». Конструктивну схему і загальний вигляд показано на рис. 1.5.

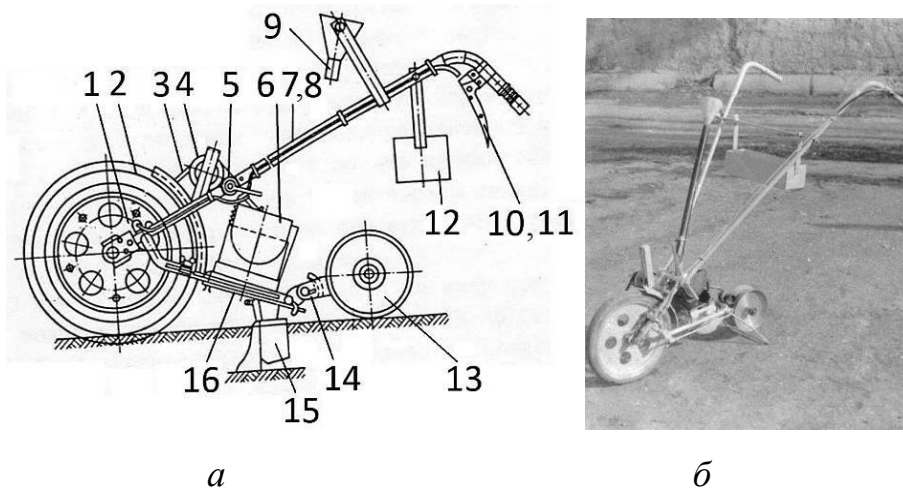


Рис. 1.5. Конструктивна схема (а) і загальний вигляд (б) сівалки СР-1М:

1 – рама; 2 – опорно-приводне колесо; 3 – клинопасова передача; 4 – натяжний ролик; 5 – гайка; 6 – висівний апарат; 7, 8 – штанги; 9 – воронка; 10, 11 – важелі; 12 – ящик; 13 – котки, що прикочують; 14 – шарнір, що фіксується; 15 – сошник; 16 – кронштейн

Сівалка комплектується двома змінними сошниками: кілеподібним для загортання насіння на глибину до 4 см і анкерним для загортання на глибину 8 см. Висівний диск з вічками посаджений на квадратний кінець валу привода щільно до лицевої стінки корпусу і зафіксований швидкоз'ємним шплінтом. Передача обертання на диск здійснюється за допомогою варіатора. Сівалка комплектується також вісьмома висівними дисками для посіву насіння різних культур.

Наведені марки ручних сівалок дають можливість рівномірно висівати насіння різних культур в один ряд із заданою довжиною ділянки. Найпростіша за конструкцією і низькою вартістю сівалка з механічним висівним апаратом СР-1МА. Сівалка «Клен» має систему електронного висіву, в якій відсутні коробка передач, зірочки, ланцюги та інші деталі механічних систем, що труться. Ручна сівалка з автоматичною системою регулювання висіву порції насіння Rowseed 1R може бути оснащена двигуном внутрішнього згорання.

Механізація селекційних робіт на другому етапі досліджень має велике значення, оскільки із збільшенням селекційних розплідників процес виділення сортів прискорюється внаслідок можливості випробування великої кількості комбінацій вихідного матеріалу. Крім того, селекційні розплідники, що містять десятки тисяч ділянок мають бути засіяні у стислі агротехнічні терміни від 5 до 7 днів [117].

З таким завданням можуть впоратися тільки високопродуктивні автоматизовані селекційні сівалки, що виконують сівбу за заданою програмою, працюють на підвищених швидкостях. Сівалка для другого етапу селекційних робіт повинна також задовольняти вищенаведеним параметрам дослідного поля (див.розд.1.1). Для забезпечення високої продуктивності селекційної сівалки (замість завантаження насіння в мішечки і заправлення їх у висівний пристрій) у багатьох їх конструкціях застосовується касетний завантажувальний пристрій, розроблений у 1939 р. Б.Ф. Очертяним [123].

Комірки мають різний об'єм, що вміщає від однієї насінини і до цілого зразка, призначеного для засіву ділянки великих розмірів. В окремих випадках сама касета одночасно є і висівним апаратом. Різний і принцип їх дії, привод, форма, загальне місткість і конструктивне виконання. Спільним для всіх пристроїв є те, що заправлення їх здійснюється задовго до сівби.

Удосконалення селекційних сівалок для другого етапу селекційних робіт здійснювалося по шляху підвищення їх продуктивності, автоматизації|.

Найпоширенішою автоматизованою сівалкою є касетна сівалка ССК-6 (прототип ССК-6А) виробництва НВО «Селта». Схему і загальний вигляд сівалки наведено на рис. 1.6.

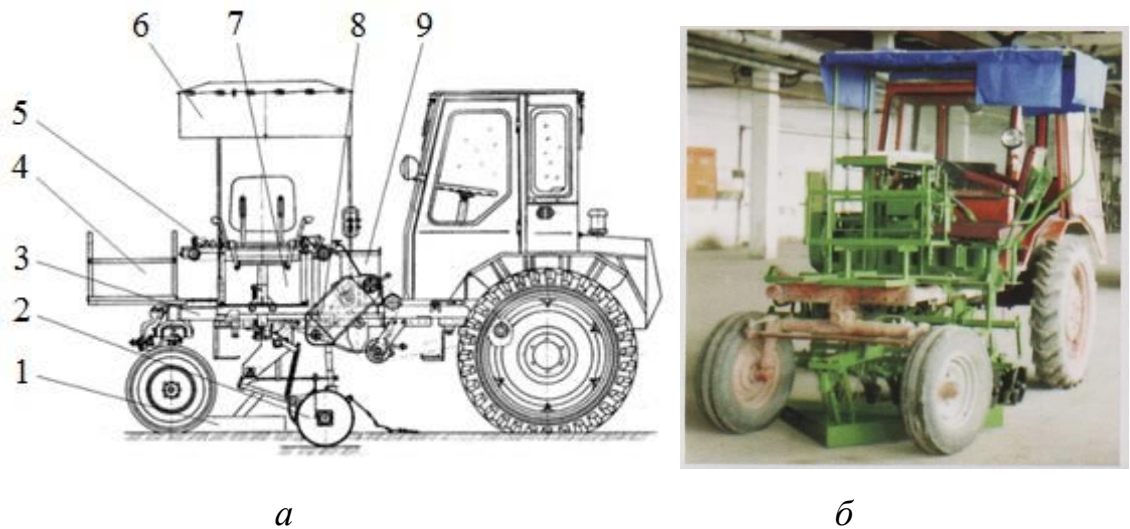


Рис. 1.6. Схема (а) і загальний вигляд (б) сівалки ССК-6:

1 – вирівнювач; 2 – сошники; 3 – рама; 4 – контейнер; 5 – тент; 6 – стіл;
7 – коробка програми, 8 – висівні апарати; 9 – коробка передач

Сівалкою висівають насіння зернових, зернобобових і круп'яних культур. Вона складається з рами, блоку висівних апаратів, програмної коробки і коробки зміни передач, контрприводу, сошникової групи, касетного механізму, вирівнювача ґрунту, слідорозпушувача. Привід сівалки здійснюється від синхронного вала відбору потужності шасі Т-16, на якому встановлена приводна зірочка. Від неї обертання передається на контрпривод, на валу якого є муфта, що вмикає привід при опусканні сошників і виключає при підйомі. З вала контрприводу обертання передається на приводна зірочку коробки передач, звідти на привід висівних апаратів і коробку з програмним пристроєм. Типовий блок висівних апаратів з механічною системою приводу (рис. 1.7) включає шість конусних апаратів автономного висіву, що забезпечують висів шести різних зразків насіння в рядки завдовжки від 1 до 5 м.

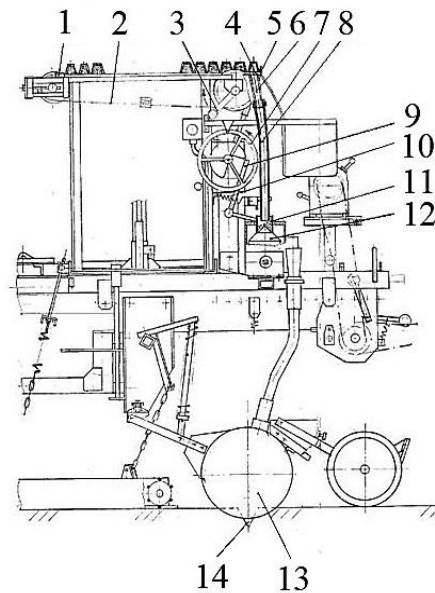


Рис. 1.7. Схема роботи висівного апарату касетної сівалки:

1, 5 – обмежувач; 2– ланцюг; 3– ручка; 4 – касета; 6 – лійка; 7– штурвал; 8 – насіннепровід; 9– важіль; 10– пружина; 11– завантажувальний циліндр; 12 – висівний конус; 13 – сошник; 14 – маркерна лінія

Перед початком сівби необхідно скласти план висіву, вказати розміщення ярусів, поворотні смуги, схему руху агрегату, довжину ділянок, ширину міжділяночних доріжок і довжину між'ярусних доріжок та кількість рядків, що висіваються. При роботі достатньо розмітити лінію першого ярусу та перпендикулярно до неї лінію проходу агрегату. Формування ділянок та між'ярусних доріжок виконується сівалкою автоматично по заданій програмі. Агрегат з опущеними сошниками 13 встановлюється так, щоб вісь дискового сошника чи кіль кілеподібного знаходились на маркерній лінії 14 першого ярусу. На касетно-завантажувальній пристрій встановлюють блок з 16 касет, за допомогою рукояток переводять його в початкове положення. Штурвал 7 на коробці програми необхідно повернути проти часової стрілки так, щоб риска на штурвалі стала проти риски на збірнику. При цьому важіль 9 керування підніманням завантажувальних циліндрів зійде з зовнішньої поверхні кулачка коробки програми і пружина 10 підніме завантажувальні циліндри. Обертанням ручки 3 підводяться обмежувачі 1 ланцюгів 2 до

крайньої касети. Подальшим обертанням ручки касети переміщуються до обмежувача 5 так, щоб перша касета 4 зупинилась проти отворів лійок 6 касетного стола. При цьому насіння з вічок повисипається і по насіннепроводах 8 попаде у завантажувальні циліндри 11 і далі у висівні конуси 12. Необхідна довжина ділянки встановлюється на коробці передач та довжина між'ярусної доріжки на коробці програми згідно із таблиці. Після першого проходу агрегату на довжину засіяної ділянки і порівняти її з розрахованою. Відхилення фактичної довжини від розрахованої не повинно перевищувати ± 10 см.

Розрахункова довжина ділянки повного висіву всіх касет одного блоку визначається за формулою:

$$L = n \cdot L_1 + (n - 1) \cdot m, \quad (1.10)$$

де L – розрахункова довжина ділянки, м; n - кількість касет в блоці;

L_1 – довжина ділянки; m - задана довжина між'ярусної доріжки.

Під час руху сівалки згідно із заданою програмою кривошипно-шатуновий механізм переміщає касету на один крок (ширину касети – 44 мм), зрушуючи її листа і встановлюючи над шестиріжковою воронкою. Насіння з кожної комірки надходить через завантажувальні циліндри поступає в конусні висівні апарати, які рівномірно подають його через насіннепроводи до сошників. Після висіву всіх порцій на встановлену довжину ділянки автоматично формується між'ярусна доріжка, і цикл повторюється.

Ширина захвату сівалки 0,9 – 1,8 м, продуктивність при посіві однометрових ділянок – 736 шт./год, глибина посіву насіння від 2 до 8 см., робоча швидкість 1,55 км/год., маса 460 кг. Висівна система уніфікована з базовими дводисковими сошниками загальнопромислових зернових сівалок сімейства СЗ. Як рушій для сівалки використовують самохідне шасі Т-16, зняте на початку 90-х років заводом ХТЗ з виробництва.

У зарубіжних країнах (США, Німеччина, Франція, Фінляндія, Данія) машини для селекційних робіт виробляються невеликими партіями у зв'язку з

попитом окремих підприємств і загалом на основі існуючої техніки, що випускається спеціалізованими фірмами [120,121,123, 199, 204].

Фірма «Вінтерштайгер» спеціалізована по виробництву селекційної техніки на різні види операцій і широкої номенклатури. Ця фірма має свої представництва у багатьох країнах світу, зокрема в Україні, і тісно співробітничает в Росії з ВІМ. Здійснює окрім постачання продукції введення в експлуатацію, технічне обслуговування, навчання, консультаційні послуги. Тут створено цілу низку сівалок на різні етапи селекційних робіт. Універсальні, модульні конструкції сівалок дають змогу пристосовуватися до різних умов сівби, мають велику різноманітність висівних апаратів, забезпечені двома видами систем керування-PDS-E (керування системою дозування посівного матеріалу) і GSC (об'єднує всі функції, що гарантують високу точність розподілу насіння і висіву).

Для другого етапу селекційних робіт випускалися різні типи сівалок-німецькою фірмою Hege (Hege 33, Hege 91, Hege 95;96). Основні конструктивні частини сівалок минулого і сучасного випуску однакові. Вдосконалення сівалок відбівалося шляхом модернізації їх конструкцій (універсальності, модульності, автоматизації тощо).

За даними з мережі Інтернет [156] наразі фірмою «Вінтерштайгер» для селекційної сівби насіння зернових, зернобобових і круп'яних культур на ділянках 2 етапу селекційних робіт випускаються сівалки марки Rowseed: порційна ручна сівалка 1R, самохідна селекційна касетна сівалка TC, селекційна касетна сівалка навісна легка S, сівалка навісна XL і селекційна сівалка навісна важка XXL.

Технічні характеристики сівалок закордонних фірм, найбільш розповсюджених моделей з касетними апаратами автономного висіву приведені у табл. 1.3. Причому ці самі марки наведених сівалок при заміні висівного апарату на ротаційний з центральним дозатором використовуються і для сівби на третьому етапі селекційних робіт.

Технічні характеристики сівалок закордонних фірм

Показник		Марка сівалки		
Найменування	Значення	Rowseed TC	Rowseed S	Rowseed XL
1	2	3	4	5
Розмір насіння	-	Насіння зернових, зернобобових круп'яних культур	Насіння зернових, зернобобових круп'яних культур	Від дрібного насіння трав і овочів до крупних бобів
Тип		Самохідна, дизель 27 к.с. (20кВт)	Навісна, 3-х Точкова	Навісна, 3-х точкова
Ширина міжряддя	см	від 8 см.. залежно від моделі сошника	від 8 см залежно від моделі сошника	від 8 см. залежно від моделі сошника
Ширина колії	мм	від 1250 до 1850 (регулюємо)	від 1250 до 1500 (регулюємо)	від 1250 до 1800 (регулюємо)
Кількість рядків		від 2 до 6	від 2 до 6	від 2 до 6
Довжина рядків	м	від 1м і вище	від 0,6м до 15 м	від 1м і вище
Розподіл насіння по всіх рядах ділянки		Одна завантажувальна воронка на ряд, ротаційний дозатор з розтрубом на 2-6 рядів, центральний дозатор	Одна завантажувальна воронка на ряд, ротаційний і центральний дозатори посівний матеріал розподіляється на декілька рядів	Одна завантажувальна воронка на ряд, ротаційний і центральний дозатори посівний матеріал розподіляється на декілька рядів
Касетний стіл		4-х або 6-ти вічкові касети	4-х або 6-ти вічкові касети	4-х або 6-ти вічкові касети

Продовження табл. 1.3

1	2	3	4	5
Система контролю		GSC	GSC	GSC
Анкерні сошники		Wintersteigerчи Nodet	Isaria чи Nodet	Isaria чи Nodet
Однодискові сошники		Accord CX	Accord	Accord
Дводискові сошники	-	Nodet, Great Plains	Nodet	Nodet, Great Plains, Acra Plant
Габарити	мм	Приблизно	Приблизно	Приблизно
Довжина		4000	2000	2000
Ширина		2200	2000	2500
Висота		1800	1700	2000
Маса	кг	1150	450	600

Кожна селекційна рядкова сівалка суцільного висіву фірми «Вінтерштайгер» вирізняється міцною і надійною рамою, простим регулюванням ширини колії і міжряддя. Ширина колії, транспортні розміри і маса агрегату змінюються в залежності від вибору базової рами.

Самохідна селекційна касетна сівалка Rowseed TC представлена на рис.1.8.



Рис. 1.8. Загальний вигляд самохідної селекційної касетної сівалки Rowseed TC

Змінна рама сівалки дає можливість її універсального використання також для селекційних посівів, діляночного обприскувача, як селекційну машину для внесення мінеральних добрив. Сівалка оснащена системою

гідравлічного приводу коліс. Спеціально сконструйоване рульове керування і гідравлічні гальма дають змогу розвороту на місці. Залежно від типу і кількості посівного матеріалу комплектуються різними завантажувальними пристроями. Завантаження посівного матеріалу для рядкового висіву здійснюється касетами з різною кількістю комірок. Вміст кожної касети засипається в індивідуальний конічний дозатор, звідки далі у сошники. У поєднанні з системою GSC сівба виконується автоматично. Заміна касет не вимагає повної зупинки сівалки. Використані касети збираються в короб або мішок. Конічні дозатори діаметром 120 мм розташовано поруч один з одним. Для закладання посівного матеріалу в ґрунт сівалка забезпечена різними типами сошників: анкерними, одно- і дводисковими. Система глобального контролю GSC у поєднанні з вимірювальним колесом і датчиком дистанції дає змогу висівати посівний матеріал без попередньої розмітки поля. Сівалка може бути обладнана додатковим обладнанням: освітлювальними приладами, кабіною із захистом від вітру і дощу, кріпленням для мішка використаних пакетів, маркерами.

Міцна рама дає можливість використовувати важкі сошники при нульовому обробітку ґрунту, а також комбінувати висівні апарати. Завдяки системі модульної компоновки машина може бути змонтована відповідно до вимог.

Сівалка касетна селекційна Rowseed S показана на рис. 1.9. Установка довжини дослідної ділянки здійснюється за допомогою ступінчастої коробки передач (довжина рядка від 1 до 15 м). Сівалка має широкий діапазон використання завдяки різним варіантам подачі насінневого матеріалу, таких як касетний стіл, центральний дозатор для всіх рядів або індивідуальна подача насіння в кожен ряд за допомогою воронок. На кожен ряд - окремий висівний апарат конусного типу. Касетний стіл із 6-ма отворами, касети – з 6-ма вічками. Сошники анкерні Isaria, Accord CX і дводискові Nodet.

Система контролю і управління процесами висіву з колесом, що вимірює дистанцію (не вимагає розмітки поля). Сівалка може бути

укомплектована додатковим обладнанням касетним столом з 4-ма отворами для сівби крупного насіння, гідравлічними маркерами, надбудовою з прозорим тентом.

Селекційна касетна сівалка, навісна, важка Rowseed XL (рис. 1.11) була спеціально розроблена для точного висіву насіння (окремих колосків або окремих рослин) і дає можливість порівнювати насіння за господарськими ознаками. Міцна рама дозволяє використовувати важкі сошники при нульовому обробітку ґрунту, а також дає змогу комбінувати висівні апарати. Завдяки системі модульної компоновки машина може бути змонтована відповідно до вимог по аналогії Rowseed S.



Рис. 1.9. Загальний вигляд касетної селекційної сівалки Rowseed-Wintersteiger в роботі



Рис. 1.10. Загальний вигляд сівалки навісної касетної селекційної Rowseed S



Рис. 1.11. Загальний вигляд сівалки навісної касетної селекційної
Rowseed XL

Найміцнішою рамою відзначається спеціально розроблена для прямого посіву насіння окремих колосків чи рослин сівалка Rowseed XXL, яка дає можливість порівнювати сім'ї по господарчим ознакам. Завдяки рамі можна використовувати важкі сошники для прямої сівби, в тому числі з дисками перед сошниками, сошники для внесення добрив, комбінувати висівні апарати. Загальний вигляд наведено на рис. 1.12.



Рис. 1.12. Загальний вигляд селекційної сівалки для прямого висіву
Rowseed XXL

В результаті співпраці ФДУП ВІМ з фірмою «Вінтерштайгер» було розроблено конструкцію селекційної сівалки Rowseed-VIM Wintersteiger-VIM, яка також завдяки уніфікації і модульності може оснащуватись висівними апаратами автономного і центрального розподілення. Загальний

вигляд касетної сівалки Rowseed-BIM Wintersteiger-BIM наведено на рис. 1.13.

Конструкція сівалки забезпечує можливість висіву насіння зернових зернобобових, круп'яних культур і трав на ділянках селекційних розсадників і розсадників випробувань потомства першого року первинного насінництва. Подача касет автоматична, зміна касет без зупинки машини. Сошники змінні.



Рис. 1.13. Загальний вигляд касетної селекційної сівалки Rowseed-BIM Wintersteiger-BIM

Агрегатується з трактором класу 0,6, кількість рядків 4 – 6, робоча ширина захвату 1250 – 1500 мм, відстань між рядками – від 12 см, габарити 1000 x 1700 x 1350, маса залежно від обладнання – від 390 кг. При установці висівного апарату центрального розподілу коробка передач забезпечує налаштування довжини ділянок від 2 до 12 м, при кількості сошників – від 2 до 10.

Сівалками для третього етапу висівають насіння у багаторядні ділянки одного і того самого сорту в розсадниках попереднього і конкурсного сортовипробування. Сівалки обладнуються апаратами порційного типу, що висівають завантажену в них порцію насіння повністю на ділянці заданої довжини [120,121,123, 161, 162, 175, 177, 234, 243]. Конусний висівний апарат складається (рис. 1.14) із стакана 3 з отвором у дні і боковій поверхні, в якому на шарикопідшипниках 11 змонтований вал 10. На валу закріплений

диск 4 із штифтами 5, на які установлений висівний конус 6. На поясок висівного конусу надітий завантажувальний циліндр 8, в отвір якого встановлений насіннепровід 9. Проти отвору в боковій поверхні стакана 3 закріплений напрямник 13. Привід висівних апаратів здійснюється за рахунок конічних зубчастих передач 2.

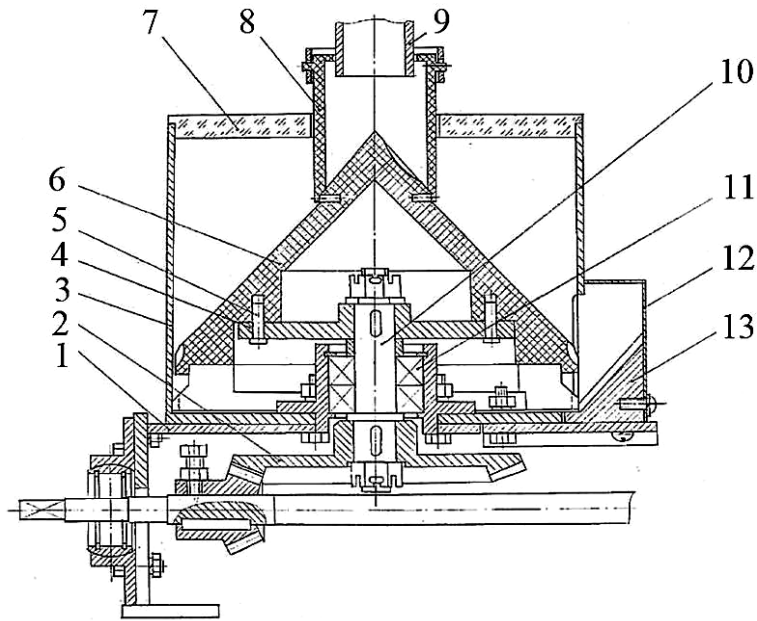


Рис. 1.14. Конструктивна схема конусного висівного апарату:

1 – балка; 2 – конічна передача; 3 – стакан; 4 – диск; 5 – штифт; 6 – висівний конус; 7,12 – кришка; 8 – завантажувальний циліндр; 9 – насіннепровід; 10 – вал; 11 – шарикопідшипник; 13 – напрямник

На конус порційного висівного апарату (рис. 1.15) встановлений завантажувальний циліндр 1, в який висипається доза насіння, що висівається. Розподільник насіння призначений для рівномірного розподілу насіння, що висівається, між сошниками. Розподільник насіння, у відповідно до рис. 1.15 складається з багатоканального корпусу 2 в якому в підшипниках 3 установлений відцентровий розсіювач 4, який приводиться в обертання електродвигуном 5 через конічну трибкову передачу 7 з внутрішнім зчепленням.

Дозатор призначений для рівномірної подачі насіння, що висівається, в розподільник насіння впродовж всього часу висіву дози. Дозатор, складається з конуса та обичайки, з'єднаних перепонами, які розділяють об'єм обичайки на рівні сектори. Дозатор обертається в підшипниках, а приводиться в обертання від коробки передач 7 через ланцюгову і конічну трибкову передачу.

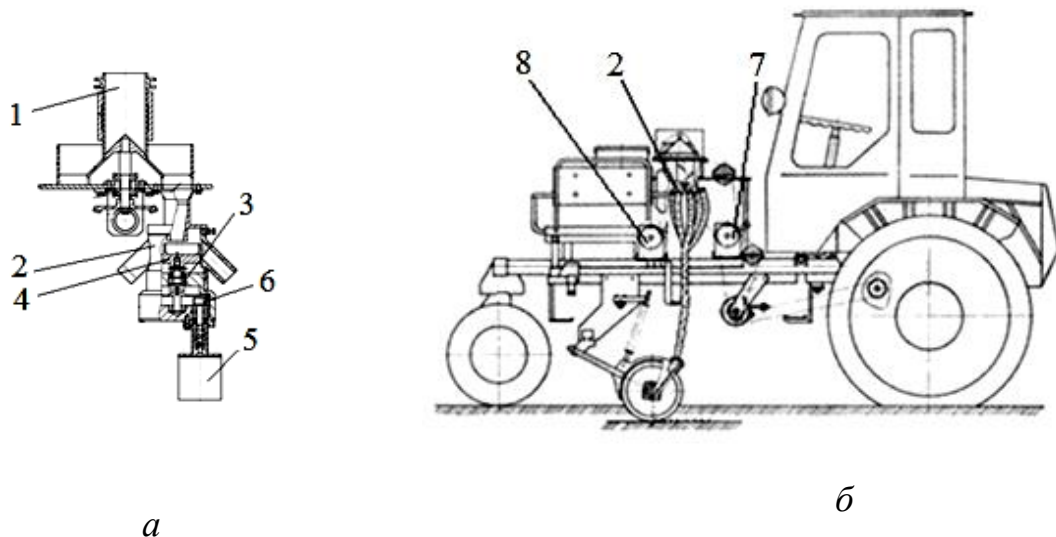


Рис. 1.15. Схема порційного висівного апарату (а), встановленого на енергетичній базі (б) самохідного шасі Т-16:

1 – завантажувальний циліндр; 2 – багатоканальний корпус; 3 – підшипники; 4 – відцентровий розсіювач; 5 – електродвигун; 6 – конічна трибкова передача; 7 – коробка передач; 8 – програмна коробка

Встановлення довжини висіву здійснюється зміною зчеплення трибкових коліс коробки передач 7, які передають обертання від опірного колеса на дозатор. Коробка передач має два ступеня регулювання. За допомогою програмної коробки 8 формують між'ярусні доріжки. Встановлення ширини між'ярусної доріжки здійснюється зміною зчеплення трибкових коліс які передають обертання від коробки передач на кулачковий вал. Корпус 2 змінний і має стільки вихідних каналів, на скільки сошників налагоджена сівалка.

Першою сівалкою для рядкового висіву зернових, зернобобових і круп'яних культур, що дало змогу виключити ручну працю на ділянках етапу, була сівалка з порційним висівним апаратом розроблена у 1971р. сівалка ССФК-7М [210], загальний вигляд якої наведено на рис. 1.16. Виробник Омський експериментальний завод РАСГН.



Рис. 1.16. Загальний вигляд сівалки ССФК-7М

Площа ділянки обумовлена стандартом, тому норма висіву залежить від маси порції насіння, що завантажується у висівний апарат, порція насіння висівається на задану довжину ділянки від 1 до 20 м. Ширина захвату – 0,9 м; кількість дводискових сошників – 7 шт.; ширина міжрядь, передаточний механізм: шасі – вал зчеплення – варіатор – апарат порційного висіву. Розподілення насіння по сошникам: мотор-редуктор з відцентровим розподілювачем. Сошникова група аналогічна сівалкам сімейства СКС [162].

Найбільш вживані базові сівалки для III етапу – сівалки з апаратом центрального розподілу СН-10Ц [175] (рис. 1.17) і її модифікація СН-10Ц(К) [177] виробництва ВІМ, розроблені сівалка СЦН-10 (НВО «Селта») та Клен-1,5С (рис. 1.18), виробництва МНСП «Клен» [158]. Сівалка навісна на трактор Т-25А з приводом висівного апарату від лівого опорно-приводного колеса сівалки.

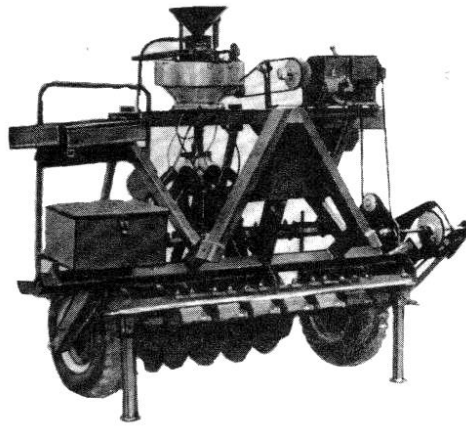


Рис. 1.17. Загальний вигляд селекційної сівалки СН-10Ц



Рис. 1.18. Загальний вигляд селекційної сівалки Клен-1,5С

Механізм передач базової сівалки включає в себе котрпривод з рухомою зірочкою, коробку передач, конічну пару і ланцюгові передачі. Висівний апарат центрального розподілу складається із основи, циліндра завантаження, конуса розподілення, колеса з вічками і диска, що обертається, з випускним отвором; відцентровим розподілювачем від розкидача, що обертається всередині нерухої головки, кільцева поверхня якої розділена на декілька рівних частин, що створюють канали наскрізь. По цим каналам насіння поступає в насіннепроводи. Головки розподілювача змінні і сівалка комплектується головками від 4 до 10 каналів. Кількість каналів відповідає кількості рядків ділянки, що засіваються. Привод розкидача – від

зблокованого з редуктором електродвигуна ME 226 12/35, який приводиться в рух від електричної системи трактора. Сошнікова група включає встановлені в два ряди на повідках стандартні дводискові, анкерні чи кілеподібні сошники і механізм їх заглиблення. Конструктивна ширина захвату – 1,1м, максимальне число рядків з дводисковими сошниками - 7, з анкерними і кілеподібні – 10. Схему сівалки наведено на рис. 1.19.

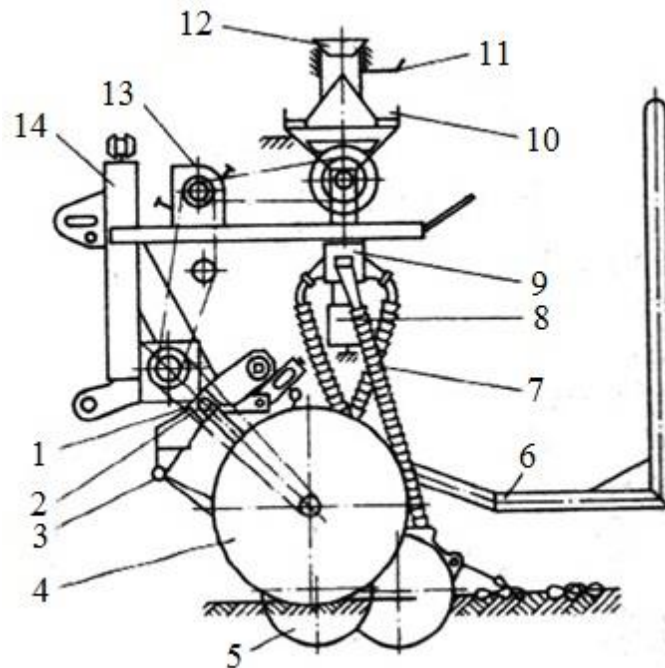


Рис. 1.19. Схема сівалки СН-10Ц:

1 – рама; 2 – механізм регулювання ширини колії; 3 – сошниковий брус;
4 – опорно-приводне колесо; 5 – сошник; 6 – підножна дошка;
7 – насіннепровід; 8 – електродвигун; 9 – відцентровий розподілювач;
10 – висівний апарат; 11 – ручка для підйому стакана для завантаження;
12 – завантажувальна лійка; 13 – коробка передач; 14 – навісна система «Акорд»

Висів попередньої порції насіння завершається, коли сівалка пройде відстань рівну довжині ділянки.

Касетна сівалка СН-10Ц(К) розширює можливості сівалки СН-10Ц при висіві на ділянках третього етапу завдяки її обладнанню касетним пристроєм

для завантаження. При висіві ділянок довжиною більше 5 м завантаження насіння у висівний апарат може проводитись вручну як і у сівалки СН-10Ц, в цьому випадку касетний пристрій знімається і сівба ведеться без зупинок, оскільки оператор встигає завантажити чергову порцію насіння під час засіву попередньої ділянки. При виїзді на між'ярусну доріжку висівний апарат продовжує обертатись, але висіву немає, оскільки немає насіння. При перетині указником другої маркерної лінії знову піднімають завантажувальний стакан і починають засів наступної ділянки.

Параметри висівного апарату такі самі, як і в сівалки СН-10Ц, але конструкція вдосконалена з метою спрощення приводу. Касетний пристрій для завантаження має стіл, на який встановлюється блок касет, два ланцюгових контури з штовхачами касет і приймальну лійку. Блок касет являє собою алюмінієвий лист, на який насаджуються 10 касет з насінням. Програмний механізм керування синхронізує роботу висівного апарату і КЗП при висіві насіння по заданій програмі. Він включає програмну коробку передач, кривошипно-шатунний механізм перервного переміщення касет, кулачковий механізм для підйому циліндра для завантаження і пульт керування, що включає автомат захисту електродвигуна з важелем його вмикання, сигнальну лампочку, а також кнопку подачі звукового сигналу трактористу. На підніжній дошці встановлено відкидне сидіння для оператора. Механізм регулювання ширини колії 110 – 150 см, сошникові група і навісна система уніфіковані з сівалкою СН-10Ц, маса сівалки – 380 кг.

Особливістю сівалки селекційної Клен 1,5 є електронна система керування і контролю за процесом висіву (системи «Клен»). Загальний вигляд наведено на рис. 1.18. Основні характеристики: ширина захвату – 1,5 м ;глибина висіву – до 80 мм; норма висіву – 0,2– 400 кг; ширина міжряддя – 15 см; напруга живлення – 12 В; споживна потужність – 140 Вт; ширина колії – 150 – -210 см; маса сівалки – 550 кг; агрегується з трактором кл. 0,6; висівний апарат з обвідною стрічкою та електроприводом і електромеханічним розподіленням насіння по сошникам.

Розподілення насіннєвого матеріалу на ділянці здійснюється дозатором з обвідною стрічкою. Пристрій оснащено електромеханічним приводом і розподілювачем насіння. Розподілювач має плавне регулювання частоти обертання для розподілення різного за величиною матеріалу, що висівається.

Для підвищення рівномірності глибини загортання насіння сівалка оснащена дисковими сошниками на паралелограмній підвісці з регулюємим тиском на ґрунт. Сошники оснащені опорними прикочуючими котками із ступінчастими регуляторами заглиблення. Слід від сошника обробляється пружинними загортачами.

Переналагодженням висівної системи з касетної на ротаційну сівалки Rowseed наведених вище марок фірми «Вінтерштайгер» можуть бути використані в селекційній роботі на третьому етапі. Так, наприклад, малогабаритна селекційна сівалка для суцільного висіву Plotseed XL (ширина захвату 1,5 м) для навісного агрегування з трактором має наступні характеристики: колеса: 5x15 (шириною 13 см), редуктор на 60 передач, безступінчасте регулювання ширини колії від 125 до 180 см, рама для кріплення сошників і механізм регулювання глибини загортання насіння. Система керування процесом висіву PDS-E: контроль за ротаційним розподілювачем, установка часу (с), на скільки циліндр знаходиться в піднятому стані, електрощит (12 В). Кабель електроживлення системи PDS-E. Кабель електроживлення від трактора. Електромагнітний циліндр для підйому накопичувального циліндра з антистатичною лійкою. Мануальний компенсатор нахилу розподілювача по двом напрямкам посередництвом 2-х кнопок (для роботи на схилах). Рама висівного апарату: для одного висівного апарату, при колії шириною 180 мм., з сидінням оператора, з ящиками для посівного матеріалу. Система протяжного висіву (зерновий ящик): об'ємом 20 л, з пристроєм вивантаження решток насіння для всіх видів насіннєвого матеріалу.

Конусний висівний апарат діаметром 290 мм: 4 накопичувальних циліндри на кожну головку, з прозорим захистом. Розтруб - розподілювач на

10 рядів. Балка для кріплення анкерних сошників Wintersteiger і Nodet. Сошники Nodet з подвійними дисками. Прикочувальне колесо й одночасно обмежувач глибини (розташований позаду сошника Nodet). Легкі пружинні мульчери шириною захвату 150 см.

У північній Монтані (США) вчені при проведенні численних дослідів з висіву насіння і внесення добрив у галузі насінництва на малогабаритних ділянках відмічають, що дослідження повинні проводитись з використанням системи no-till, щоб краще уявляти сучасні технології для вирощування зернових [225] .

Агрегат для висіву і внесення добрив сконструйований для 6- чи 12-рядкової ділянки шириною 1,8 м, яким проводяться польові досліді (рис. 1.20).

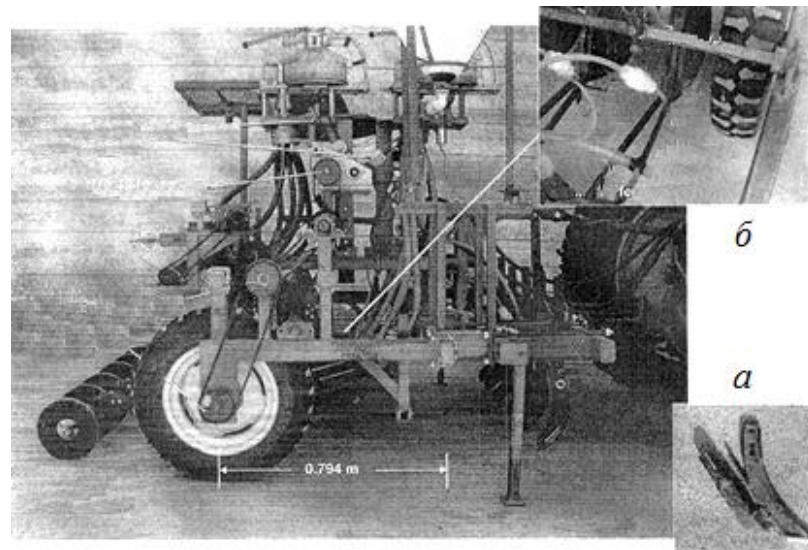


Рис. 1.20. Боковий вигляд діляночної сівалки для висіву насіння і внесення добрив:

a – чизельні висівні апарати; *б* – кріплення для внесення добрив

Рама висівного апарата запозичена в Хеґе і в подальшому витримала багато модифікацій. Ремінний конус і роторний насінневий розподільвач використовуються для розподілення насіння в борозни. Конусна система з'єднана з коробкою передач і дає змогу проводити велику гнучкість при виборі швидкостей висіву. Відцентровий розподільвач може бути

оснащений 6- чи 12-ма головками, що доставляють. Висівний апарат використовується на другому етапі з триточковим зчепленням і забезпечує висів з міжряддями від 0,15 до 0,30 м та встановлену довжину ділянки.

Агрегат складається з наступних частин: пристосування для зчеплення, бруса для навіски секції з шести плоских дискових ножів чи інших ножів для відкриття канавки для добрив, насоса для подачі рідких добрив, місця для оператора, двох ремінних конусів для розподілення насінневого матеріалу і гранульованих добрив, насінневого ящика і секції із шести дводискових сошників чи начальникових наконечників для відкриття канавки і прикочуючи коліс. У більшості випадків два чоловіки обслуговують до 60 ділянок (від 7 до 10 м довжиною) за годину робочого часу, змінюючи параметри.

Сівалками для четвертого етапу засіваються ділянки попереднього, конкурсного і державного сортовипробування площею не менше 25 м². Етап найбільш приближений до умов насінницького висіву у виробничих умовах.

Найпоширенішими у вітчизняних селекційних центрах – сівалка навісна 16-рядна зі змінною колією СН-16ПМ [121, 174] виробництва ВІМ і СС-16 виробництва НВО «Селта» (рис. 1.21).

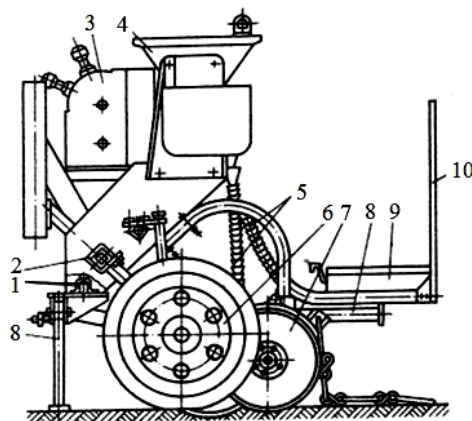


Рис. 1.21. Схема сівалки СН-16ПМ:

1 – сошниковий брус; 2 – рама; 3 – коробка передач; 4 – насінневий ящик;
5 – насіннепроводи; 6 – опорно-приводне колесо; 7 – сошник дводисковий;
8 – опорні ніжки; 9 – підніжна дошка; 10 – спинка

Сівалка універсальна і використовується насіння зернових, зернобобових, круп'яних культур, а також трав на ділянках четвертого етапу. Ширина захвату сівалки 1,8 м, навішується на трактор Т-25А з розширеною до 2м колією. Сівалка має зварну раму, на якій кріпиться насінневий ящик, у нижній частині якого встановлені 16 катушкових висівних апаратів, два опорних колеса, привід сівалки від лівого колеса через коробку передач (КП) до валу висівних апаратів, сошникові група, що включає механізм заглиблення, підніжну дошку, механізм регулювання ширини колії.

У сівалки є три комплекти змінних пластмасових катушок для висіву дрібного, середнього і крупного насіння, а також комплект перекривачів, що використовуються при висіві дрібного насіння. На сошниковому брусі можуть бути встановлені 13 дводискових (при міжрядді 15 см) або 16 кілеподібних чи анкерних (при міжрядді 10 см) сошників. Найбільш вживані в сівалках цього типу дводискові сошники серійного виробництва мають істотні недоліки [115, 140, 141, 185, 186, 211-214], які забезпечують низьку ефективність селекційно-насінницької сівби та стримують застосування сівалок для дослідних посівів за енергоощадними технологіями. Сошники серійного виробництва встановлені у два ряди (рис. 1.23) на відповідних повідках, глибина ходу регулюється за допомогою штанги і натискної пружини, уніфікованих з сівалками сімейства СЗ ВАТ «Червона зірка».

Налагодження сівалки СН-16ПМ для роботи полягає в установці необхідної ширини колії сівалки, розстановці сошників на задане міжряддя, підборі катушок висівних апаратів відповідно до розміру насіння, установці необхідних норми висіву і глибини ходу сошників. Засипавши у насінневий ящик насіння, проводять висів усіх повторень досліду даним сортом. Після цього очищують насінневий ящик від насіння, що залишилось, зібравши його у приймальний лоток, а з нього в мішок. Сівбу на ділянках другого сорту проводять тим самим способом.

У зв'язку з тим, що машина СН-16ПМ була знята з виробництва, а потреба в селекційно-насінницьких сівалках була не тільки в Україні, але і

інших країнах пострадянського простору, аналоги сівалки поставлені на виробництво в 2002 р. НВО «Селта» (СС-16), та пізніше іншими виробниками. ФДУП Омський експериментальний завод РАСГН розробив сівалку СС-11, ТОВ «Технічний центр Лаішево» (Республіка Татарстан) поставило на виробництво селекційно-фермерську сівалку СФС-2 [209]. Найбільш повно елементи висівного апарату базової конструкції реалізовані в СС-16. Загальний вигляд сівалок наведено на рис. 1.22-1.25.

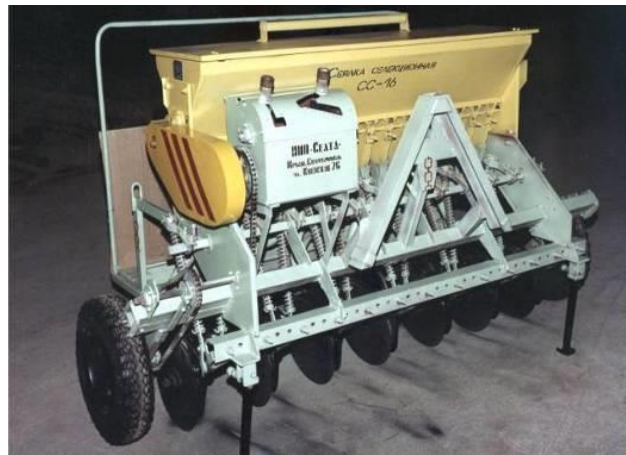


Рис. 1.22. Загальний вигляд сівалки селекційної СС-16



Рис. 1.23. Загальний вигляд сівалки селекційної Клен 1,5П



Рис. 1.24. Загальний вигляд сівалки селекційної СС-11



Рис. 1.25. Загальний вигляд селекційно-фермерської сівалки СФС-2

Сівалка Клен-1,5П (рис. 1.23) спільного науково-виробничого підприємства «Клен» вирізняється наявністю автоматизованого запуску висівного апарата після розподілу насіння по конусу, установки довжини ділянки за допомогою пульта керування, обліку кількості засіяних ділянок. Для підвищення рівномірності глибини загортання насіння сівалка забезпечена дисковими сошниками на паралелограмній підвісці з регульованим тиском на ґрунт. Кожний сошник забезпечений прикочуючим котком зі ступеневим регулятором заглиблення. Слід від сошника обробляється пружинами.

Навісна селекційна сівалка СС-11 (рис. 1.24) розробки ФДУП Омський експериментальний заводу РАСГН пройшла випробування на Сибірській зональній машинно-випробувальній станції в 2010 р. Агрегатуються з тракторами класу 0,6-1,4 (Т-25, Т-40М, МТЗ-80, МТЗ-82, ЮМЗ-6АЛ) з

розширеною колії до 2 м, що обладнані гідрофікованою навісною системою. Коля вибрана з розрахунку, щоб колеса, рухаючись по міжпосівним доріжкам, не ущільнювали ґрунт на дослідній ділянці. Робоча ширина захвату – 1,5 м, робоча швидкість руху – до 8 км/год. Сошники дискові, кількість – 11, висівний апарат катушковий (має дві катушки: 1 – для дрібного насіння; 2 - для насіння зернових і бобових культур), габаритні розміри – 1450×2130×1400, маса – 530 кг.

ТОВ «Технічний центр Лаішево» (Республіка Татарстан) розробило на заміну і в 2013 р. провело приймальні випробування селекційно-фермерської сівалки СФС-2 (рис. 1.25) на Кіровській машинно-випробувальній станції. Сівалка агрегується з трактором класу 1,4, навісна чи причіпна, сошники однодисково-анкерні (приріст урожаю до 2-5 ц/га порівняно з рядковим висівом). На сівалці встановлений катушковий висівний апарат з серійно виготовлених зернових сівалок та однодисково-анкерний сошник спільної розробки ВІМ з ТОВ «Технічний центр Лаішево» (Республіка Татарстан), в тому числі для зернових сівалок сімейства СЗ-3,6 і СЗП-3,6.

1.2.1 Коротка характеристика конструкцій висівних робочих органів

Сошникова група визначає технологічне призначення сівалки і дає змогу максимально ефективно використовувати її для висіву насіння зернових після якісної мінімальної підготовки ґрунту чи без підготовки за різними системами обробітку. Правильний підбір сошникової групи гарантує розміщення насіння на необхідну глибину й отримання високих врожаїв. Якість висіву оцінюють рівномірністю розподілу насіння як по площі поля, так і глибині загортання. Прийнята глибина загортання насіння пшениці, жита, вівса, ячменю на легких ґрунтах становить 4,5...6,0 см, на середніх вологих – 2,5...4,5, важких – 2,0...4,0, у зоні вітрової ерозії – 6...8 см.

Кількість насіння загорненого на задану глибину, повинно бути не менше 80%.

Найуніверсальнішим сошником для висіву зернових залишається дводисковий сошник, який, як правило, кріпиться до рами сівалки на пружній радіальній підвісці [146, 148, 181, 214, 218]. Серед переваг – можливість проведення сівби по грубо обробленому грудкуватому ґрунту з рослинними рештками, сошники розрізають чи перекочуються через перешкоди. Дводискові сошники широко використовують в традиційних і в мінімальних технологіях обробки ґрунту. Їх застосовують по відвальним фонам у сівалках СЗ-3,6А, СЗТ-3,6, СЗП-3,6А, СЗ-5,4, СЗ-5,4-04, СЗ-10,8 (ВАТ «Червона зірка»). Фірма John Deere виготовляє зернові сівалки 730, 455, 740А з дводисковими сошниками, що мають фаску на дисках і розташовані в шаховому порядку. Дводискові сошники встановлені на зернових пневматичних широкозахватних сівалках Solitair фірми Lemken для роботи на відвальному і мульчованому фонах, зернові сівалки НТ і СРН фірми Great Plains оснащуються дводисковими сошниками для прямої сівби. До теперішнього часу дводискові сошники найчастіше застосовуються і в селекційно- насінницьких сівалках типу СН-16, СКС-6А, СН-10Ц(К) [121, 177] і сучасних їх модифікаціях. Недоліки сошників у тому, що вони не задовольняють агротехнічним вимогам відносно створення ущільненого дна висівної борозни і в результаті не забезпечують висіяному насінню необхідний режим вологості на вибраній глибині. Крім того дослідями ВІСГОМу і ВІМу доведено, що ці сошники нерівномірно розподіляють насіння по глибині в борозні. При швидкості сівалки понад 8 км/год значна кількість насіння навіть виноситься на поверхню поля, на заданій глибині залишається лише 38-56% насіння. При відхиленні глибини висіву насіння н на 18 мм їх польова схожість зменшується майже до 54% [185, 186].

Сошники кілеподібного типу найбільш природно формують борозну і насіннєве ложе, забезпечуючи контакт насіння з ґрунтом, витримують глибину загортання насіння, мають переваги в тому, що якість їх роботи

менше залежить від швидкості руху і вони не зтягують у посівну борозну рослинні рештки, більше того – здвигають рослинні рештки в боки, але потребують досконалої підготовки ґрунту і дуже чуттєві до її фізико-механічного стану.

Відомі роботи із вдосконалення дводискового сошника [129,130, 137], а також з розробки конструкцій щодо об'єднання переваг дводискового і анкерного типів сошників [186, 240, 241], технічні рішення по яким не знайшли широкого застосування у виробничій практиці і дослідній роботі через відомі недоліки властивих частково для дводискових сошників.

Тому серед першочергових задач – створення конструкції сошника для висіву зернових культур, що забезпечують підвищення стабільності глибини загортання насіння і розподілу по дну насінневої борозни шляхом виключення контакту насіння з внутрішньою поверхнею дисків, що обертаються при русі сошника.

У селекційно-насінницьких сівалках використовуються робочі органи наступних типів.

На сошниковому брусі сівалки СС-16 можуть бути встановлені 13 дводискових (при міжрядді 15 см) або 16 кілеподібних чи анкерних (при міжрядді 10 см) сошників. Сошники мають можливість регулювання висоти відносно рами. Відстань між сусідніми сошниками також може регулюватися переміщенням їх по сошниковому брусу. Конструкцією сівалки передбачена можливість використання дводискових, анкерних або кілеподібних сошників.

Прикочувальні котки застосовуються при використанні дводискових сошників. Вони шарнірно кріпляться до корпусів сошників і мають можливість регулювання висоти відносно сошників.

При використанні кілеподібних або анкерних сошників замість прикочуючих котків використовуються ланцюгові шлейфи, які додаються до сівалки.

Схеми кріплення сошників наведено на рис. 1.26.

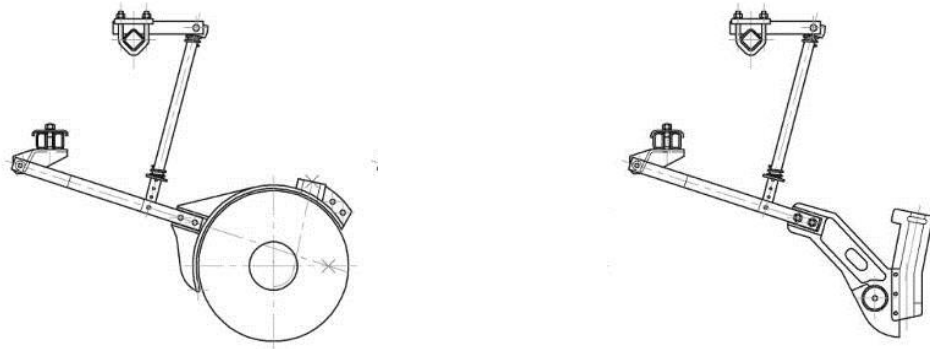


Рис. 1.26. Схеми кріплення сошників сівалки СС -16 :

а – дводискового; *б* – кілеподібного

Результати досліджень [137, 185, 213] свідчать про недоліки базових сошників: нерівномірність висіву на швидкостях понад 2м/с дводисковими сошниками та необхідність забезпечення ретельної підготовки ґрунту для сошників анкерного типу. Натомість, дводискові, кілеподібні та анкерні сошники, якими комплектуються найбільш розповсюджені на пострадянському просторі селекційно-насінницькі сівалки модельного ряду СН-16 не дають змоги здійснювати висів насіння в мульчований рослинними рештками ґрунт через недосконалу конструкцію сошникового вузла.

Для сівби за енергоощадними технологіями відомий виробник селекційно-насінницької техніки фірма Wintersteiger у селекційних сівалках використовує для загортання насіння сошники відомих виробників, що уніфіковані з конструкціями сівалок (рис. 1.27). Фірма Wintersteiger пропонує використовувати підсилену раму сівалки для суцільного висіву Plotseed XXL та сошники: дводискові ACRA Plant з міжряддями від 19 см; дводискові Great Plains з міжряддями від 15 см; дводискові Sunflower; зубчасті Horwood Bagshaw [226].



Рис. 1.27. Загальний вигляд і типи сошників, уніфікованих з сівалками Rowseed для підготовленого ґрунту:

1 – анкерний сошник Isaria, міжряддя від 8 см; 2– анкерний сошник Nodet, міжряддя від 8,5 см; 3 – однодисковий сошник Accord CX, міжряддя від 9,5 см; 4 – дводисковий сошник Lemken, міжряддя від 12,5 см; для прямої сівби: 5–дводисковий сошник Acra Plant, міжряддя від 19 см; 6 – дводисковий сошник Great Plains, міжряддя від 15 см; 7 – дводисковий сошник Sunflower; 8 – зубчастий сошник Horwood Bagshaw

В селекційно-фермерській сівалці СФС-2 (рис. 1.28) сошники однодисково-анкерні. З метою розширення ущільненого насінневого ложа подовжена зовнішня щокovina 4 анкера ложестворювача, передня частина якої служить чистиком диска 1, насіннетукотруба 3 зміщена назад за межі задньої кромки диска 1, паралельно диску встановлена внутрішня щокovina 2 анкера ложестворювача з забезпеченням при цьому достатнього технологічного зазору, щоб запобігти забиванню відкритого простору між диском і внутрішньою боковиною анкера. Зовнішня щокovina анкера-ложестворювача, стикуючись по вертикалі з внутрішньою боковиною 2,

створює розширювач борозни (близький по формі двогранному клину) в задній частині у полості якого розміщується розтруб насіннєтукотруби.

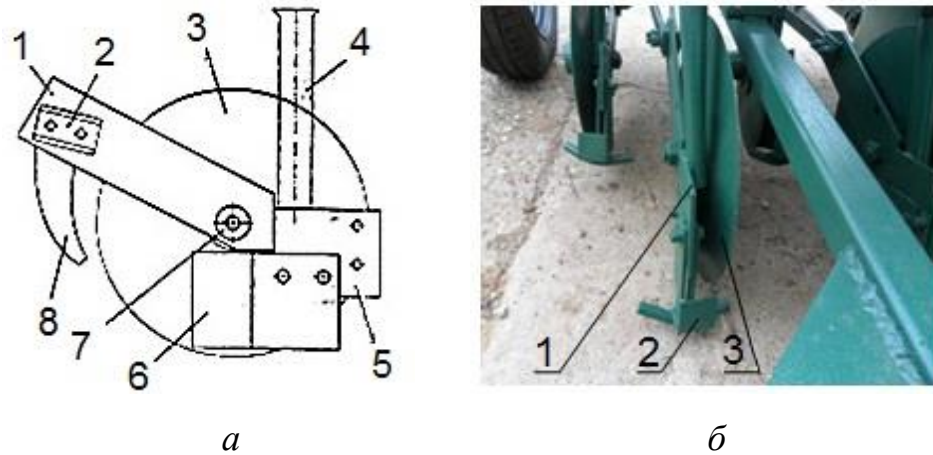


Рис. 1.28. Конструктивна схема а і загальний вигляд однодисково-анкерного сошника сівалки СФС-2:

1– корпус сошника; 2– вузол кріплення до повідка; 3– диск сошника зі ступицею в зборі; 4– насіннєтукотруба; 5– монтажний кронштейн; 6– чистик-анкер-ложестворювач; 7– фіксатор осі; 8– запобіжник

Розроблений макетний зразок спеціального пристрою з активними робочими органами – лопатевими дисками, встановленими в міжсошниковому просторі, та випробуваний на базі селекційної сівалки типу СКС-6-10 конструкції ВІМ [75].

Одним із шляхів розширення сфери застосування сівалок і можливостей різних типів сошникових груп забезпечувати якісний висів зернових культур при різноманітних системах обробітку ґрунту, і відповідно, якості передпосівного обробітку, є сівалки з суцільними дисковими ножами: турбодисками, хвильовими та рифленими ріжучими дисками [70, 150]. Для технологій прямої сівби зернових використовують сівалки зі значною матеріаломісткістю (від 0,7 до 1,5 т на 1 м захвату), що агрегатуються з тракторами підвищеної потужності (до 120 кВт і більше). Сівалки повинні

мати добору прохідність, рівномірно загортати насіння на невелику (до 5 см) глибину. По принципу дії на ґрунт сівалки для прямої сівби поділяються на машини з пасивними і активними робочими органами. До першої групи відносяться сівалки з дисковими і начальниковими сошниками, до другої – фрезерні.

З пасивних робочих органів найчастіше зустрічаються робочі органи з дисковими ножами (рис.1.29).

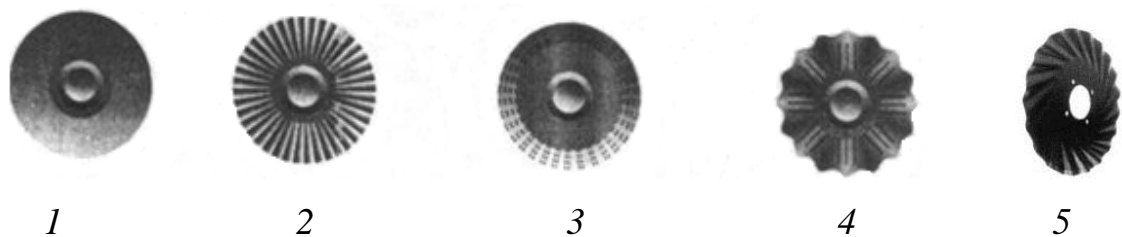


Рис. 1.29. Загальний вигляд різних видів різальних дисків:

1 – звичайний рівний; 2 – рифлений; 3 – рифлений з рівним зовнішнім краєм; 4 – гофрований; 5 – турбодиск

Рифлений диск забезпечує роботу на затверділих поверхнях, хвилястий– утворення стрічки шириною до 4 см, турбодиск є універсальним та невибагливим до зміни швидкості посівного агрегату.

Різальні органи сівалок повинні розрізати пожнивні рештки. Тому сівалки для ґрунтоощадних технологій не лише важче сівалок, призначених для традиційної технології, оснований на відвальному обробітку ґрунту, але й мають більше додаткового обладнання. Перед дисковими сошниками можуть встановлюватись ріжучі диски. Крім того, конструкція деяких сівалок дає змогу перерозподіляти частину ваги трактора (за допомогою спеціального зчіпного пристрою) на раму сівалки, і, відповідно, на ріжучі диски для забезпечення більш глибокого проникнення в ґрунт. На кожному сошнику повинен бути установлений індивідуальний механізм регулювання робочої глибини для її підтримки у всіх рядках сівалки незалежно від рельєфу ґрунту. Установлений на кожній висівній секції пружинний механізм має бути

здатним передавати достатнє вагове навантаження з рами сівалки на всі елементи висівної секції (опорно-приводні колеса, дискові сошники, пристрої контролю глибини і прикочуючі колеса), щоб забезпечити їх щільне зіткнення з ґрунтом. Як правило, тиск пружинного механізму в сівалках регулюється. Якщо сила тиску пружин виявиться недостатньою, конструкція сівалок дає можливість встановлювати додаткові пружини.

Схеми найтипівіших технічних рішень пасивних робочих органів, що частіше зустрічаються, наведено на рис.1.30. Тридисковий сошник (рис. 1.30,а) складається з дискового ножа 1 і дводискового сошника 2. Для незалежного керування силою натиску ножа і дводискового сошника кожний з них має свою пружину 3 і 4. Для нормальної роботи сошникової групи притискне зусилля на кожну пружину повинно бути близько 2 кН. Тому сівалки мають велику вагу, а також оснащуються спеціальними лотками для баласту. Сошники застосовують у сівалках Франції, Великій Британії, Чехії і ін. Недолік тридискового сошника – прокладка дуже вузької борозни (до 1,8 см), тоді як для нормального розвитку насіння її ширина повинна бути не менше 3...4 см. Загортання насіння погане і контакт насіння з ґрунтом незадовільний через затягування стерні і рослинних рештків на дно борозни, що впливає на врожайність.

Застосовують також однодискові сошники як із сферичним, так і плоским диском. Так, сферичний диск (рис. 1.30, б), що використовується в сошнику сівалки Taskers (Велика Британія) великого діаметра (457 мм), який на повідку 2 встановлений під деяким кутом α до напрямку руху агрегату. До диску примикає підпружинений полоз 8, який притримує рослинні рештки і до повідка закріплена стійка з заведеними насіннепроводом 4 і тукопроводом 5. За диском розташовані пружинні загортачі 6. Для стійкості руху сферичного диска поводок оснащений натискною пружиною 3. До недоліків однодискового сферичного робочого органу відносять винос на поверхність вологого ґрунту і попадання в борозну рослинних решток, перешкоджаючих контакту насіння з ґрунтом. Крім того виникають великі бокові зусилля, які

порушують пряmoliнійність рядка і потребують підвищеної міцності і жорсткості повідків.

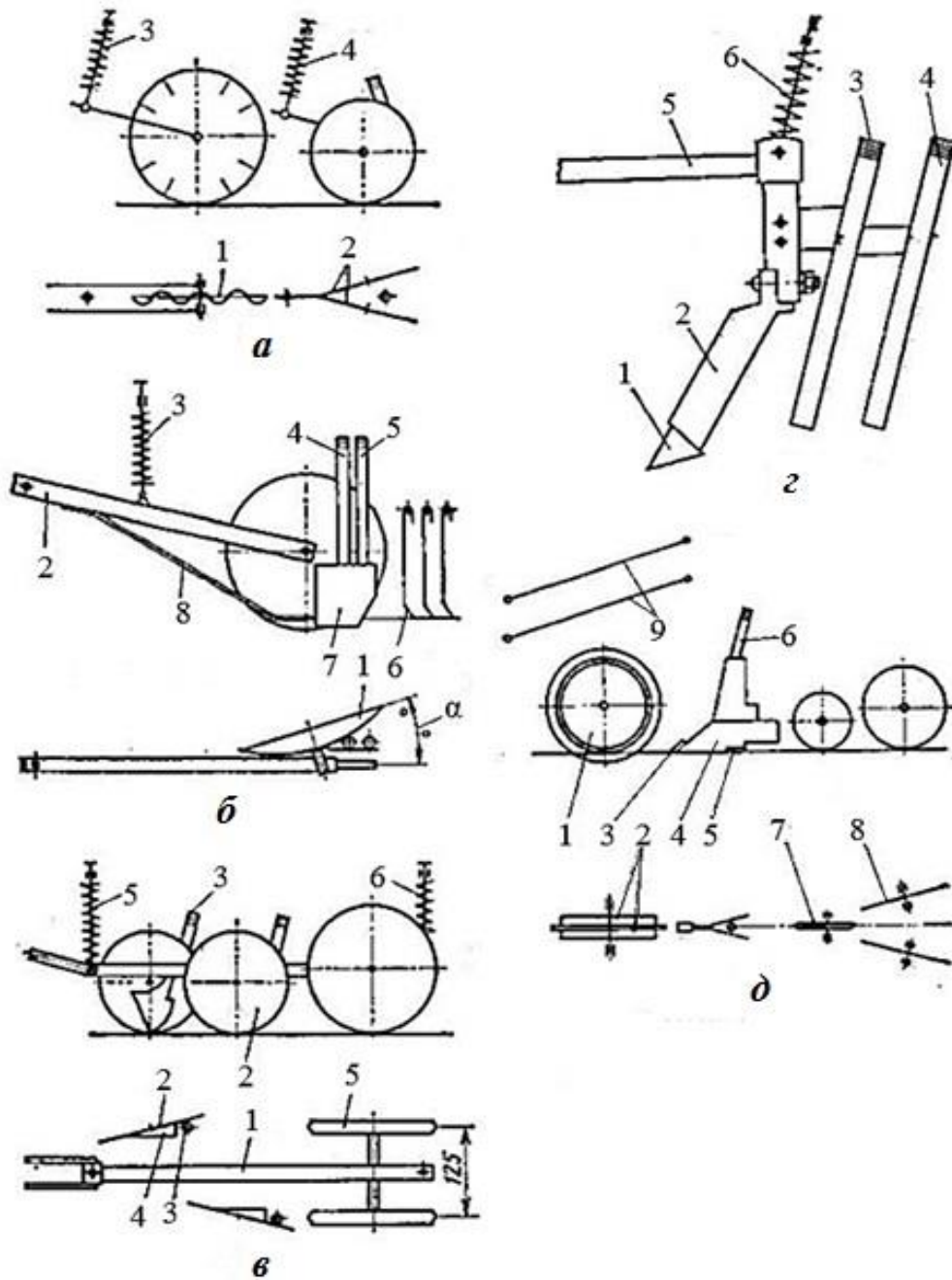


Рис. 1.30. Схеми пасивних робочих органів для посіву по необробленому агрофону:

а – тридисковий; *б* – однодисковий; *в* – однодисковий на два рядки; *г* – анкерний; *д* – долотоподібний

Схему робочого органу однодискового сошника, утворюючого одночасно два рядки з міжряддям 125 мм сівалки Moore (Північна Ірландія) наведено на рис. 1.30, в. У нього входить поводок 1, з двох сторін якого в шахматному порядку закріплені під деяким кутом до напрямку руху два плоскі диски 2. До кожного диску з кожної сторони примикає клиноподібний носик 4 з лійкою 3 насіннепровода. За заднім сошником встановлені спарені котки 5. У передній і задній частинах повідка закріплені натискні пружини для незалежного навантаження сошників і котків. Загортання насіння незадовільне, для заглиблення сошників необхідне значне велике зусилля, що веде до великої металоємності збільшення тягового опору і надмірних витрат пального, до переваг відносять тільки відносно невелике міжряддя.

Анкерні сошники, без розрізаючих дисків, не перерізають рослинні рештки, тягнуть їх за собою, без прикочувальних котків не забезпечують загортання насіння вологим ґрунтом. Схему конструкції анкерного сошника наведено на рис. 1.30, г. Вони забезпечені вузькою лапою 2 з наконечником 1. Тукопровід 3 і насіннепровід 4 розміщені позад лапи, поводок 5 и сошника навантажений пружиною 6, що забезпечує примусове заглиблення [128]. Точне загортання насіння по глибині і невеликий тяговий опір забезпечує технічне рішення робочого органу (рис. 1.30, д) для сіви по необробленому фону у сівалки Buffalo (США). Він складається із дискового ножа 1 з ребордами 2, за яким встановлені долотоподібний сошник 4 з наплавленим носком 3, п'ятою 5 і лійкою 6 насіннепровода, прикочуючий коток 7 і дискові загортачі 8. Робочий орган закріплений на паралелограмній тязі 9, нахилений вперед. При русі агрегату ніж розрізає рослинні рештки, а сошник розширює і поглиблює борозну, на дно якої постає насіння. Глибина загортання регулюється положенням сошника відносно реборд ножа. Нахилене положення тяги забезпечує самозаглиблення сошника. Основний недолік – неможливість застосування при міжряддях менше 400 мм, тобто при висіві зернових колосових культур.

Технічні рішення для технології no-till, засновані на використанні додаткового сошникового ножа, крила якого слугують для створення щілин навколо центрального зубчастого диска для розташування насіння і добрив, використовуються в Новій Зеландії (рис. 1.31) [323]. Такі пристрої на паралелограмній підвісці для висіву насіння і добрив успішно застосовуються на твердому і підготовленому ґрунті, в тому числі по нерівній поверхні при швидкості посівного агрегату до 16 км/год.

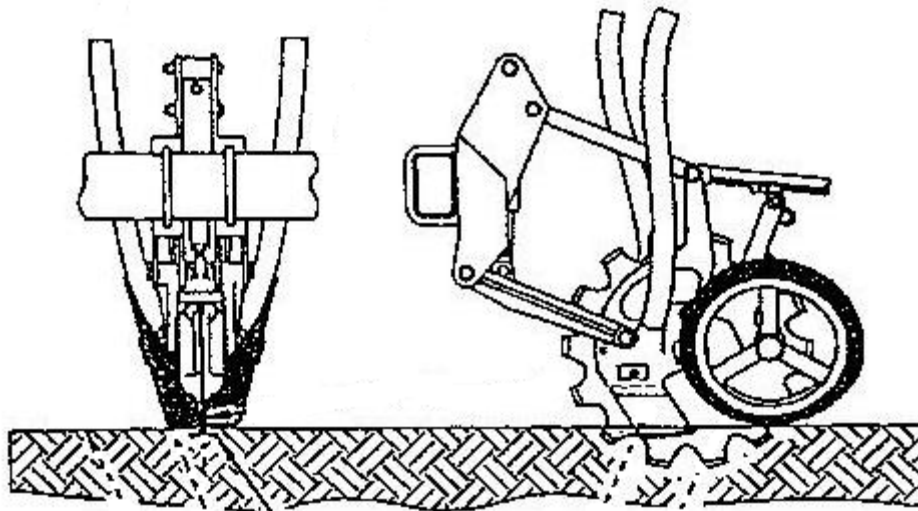


Рис. 1.31. Схема сошникового пристрою Cross Slot

Вони використовувались на малих ділянках, де працює мінітехніка і підвищені вимоги до ґрунту, у випадку застосування важкого обладнання і довели економічну доцільність їх використання для великих фермерських господарств, оскільки сошниковий пристрій Cross Slot для виконання насінневої борозни відповідає промисловим стандартам. Для проміжних технологій, створення вузьких борозен для рядкового висіву, як називають автори висів на ділянках, передбачається багатоцільове використання простого крилатого сошника, відомого як оригінального Baker Boot (рис. 1.32) байкерівський башмак-сошник, який може бути обладнаний спрямовуючим диском.

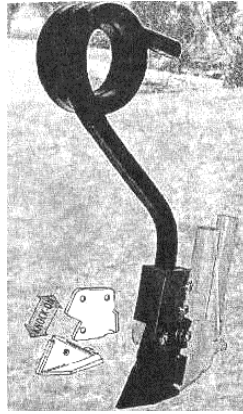


Рис. 1.32. Варіант оригінального сошника Baker Boot

Легкі китайські no-till сівалки з масою 100 – 250 кг/м (меншою на 50% закордонних) підходять для китайського малогабаритного і середнього розмірів трактора (500– 600 кг/м), тоді як вартість їх становить всього 10-15% вартості закордонних сівалок [164]. У відомих зразках сівалок Great Plains 1500, John Deere 750, John Deere 1590 (США), Morris 7000, Morris 7300 (Канада), Gaspardo (Італія) вагою більше 800 кг/м, важке обладнання суміщене з потужними тракторами на великих полях. Зазвичай у таких випадках проблема забивання вирішується завдяки підсиленню важкої маси сівалки при розрізанні рослинних решток чи за рахунок достатнього простору між сошниками. Між тим, щоб здійснити практичну діяльність, легкий трактор (300 – 600 кг/м), який не може потягнути важку сівалку (800-1100 кг/м) і невеликі поля в Китаї передбачають знаряддя середніх розмірів. Тому для нульового обробітку ґрунту потрібна легка невеликих розмірів сівалка (рис. 1.33).

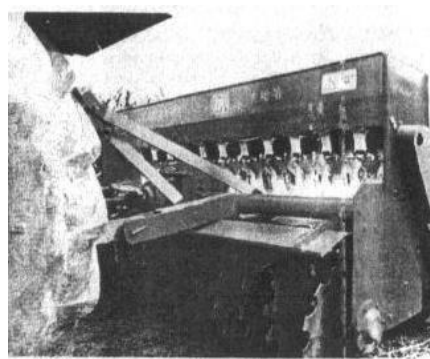


Рис. 1.33. Сівалка з зубчастим дисковим антизабивачем сошника

Як антизабивачі сошників використовують пасивні й активні (ротаційні) органи з приводом через механічну коробку передач сівалки. Пасивні підходять для роботи в зоні з незначним покриттям рослинними рештками і вирощуванням однієї культури на рік в одній сівозміні. Сошники рознесені вертикально з прикочуючими котками між ними і відкриттям культиваторної лапи, щоб розширити простір і встановлені в декілька рядів, щоб збільшити зазор під рамою ґрунтооброблюваного знаряддя і запобігти забиттю соломою. Сошник і ніж встановлені таким чином, що щоб ніж культера, що обертається, міг відхилятися у бік, розрушуючи стебла й очищуючи забивання на сошнику.

Відомо, що за рахунок вібрацій, зменшення коефіцієнта внутрішнього тертя між частками ґрунту, вібруючим органом та ґрунтом тяговий опір бурякозбирального комбайна зменшується на 26–53% [196]. Зменшення сили опору при врізанні в ґрунт зубчастим лезом відносно суцільного доведено і дослідженнями за біонічними напрямками розробки робочих органів ґрунтообробних машин [9].

Результати досліджень сівалки DST-6000 фірми Agrisem (Франція) з уніфікованими посівними модулями Disk-0-Sem, що складаються з двох рядів зубчастих дисків, закріплених на пружинних стійках, довели перспективність даних агрегатів для прямої сівби зернових, зернобобових і круп'яних, трав та інших культур розкидним методом, без рядків і смуг. Конструкція сівалок побудована по модульному принципі, посівні модулі максимально уніфіковані за робочими органами зі знаряддями з підготовки ґрунту, що дає змогу включати їх у систему машин для традиційних технологій. Незважаючи на недоліки по глибині висіву, оскільки загортання насіння здійснюється за допомогою ґрунтового потоку, що створюється дисками діаметром 560 мм, є і переваги – під час роботи диски вібрують, створюючи ефект ударної хвилі, забезпечуючи заглиблення диска навіть на важких ґрунтах з меншим (на 20%) опором (рис. 1.34) [98, 99].

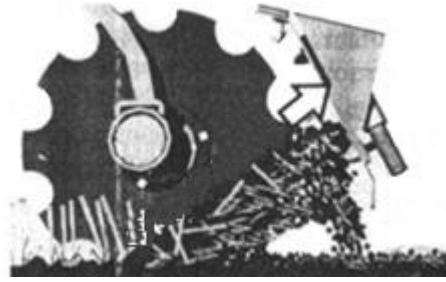


Рис. 1.34. Загальний вигляд диска посівного модуля сівалки AgriSem

Зубчасті диски широко використовуються як основні робочі органи ґрунтообробних агрегатів. Ефект підрізання пожнивних і рослинних рештків і якість кришіння ґрунту досягаються сферичними дисками із зубчастою периферією різних форм. Схеми найтипівіших наведено на (рис. 1.35).

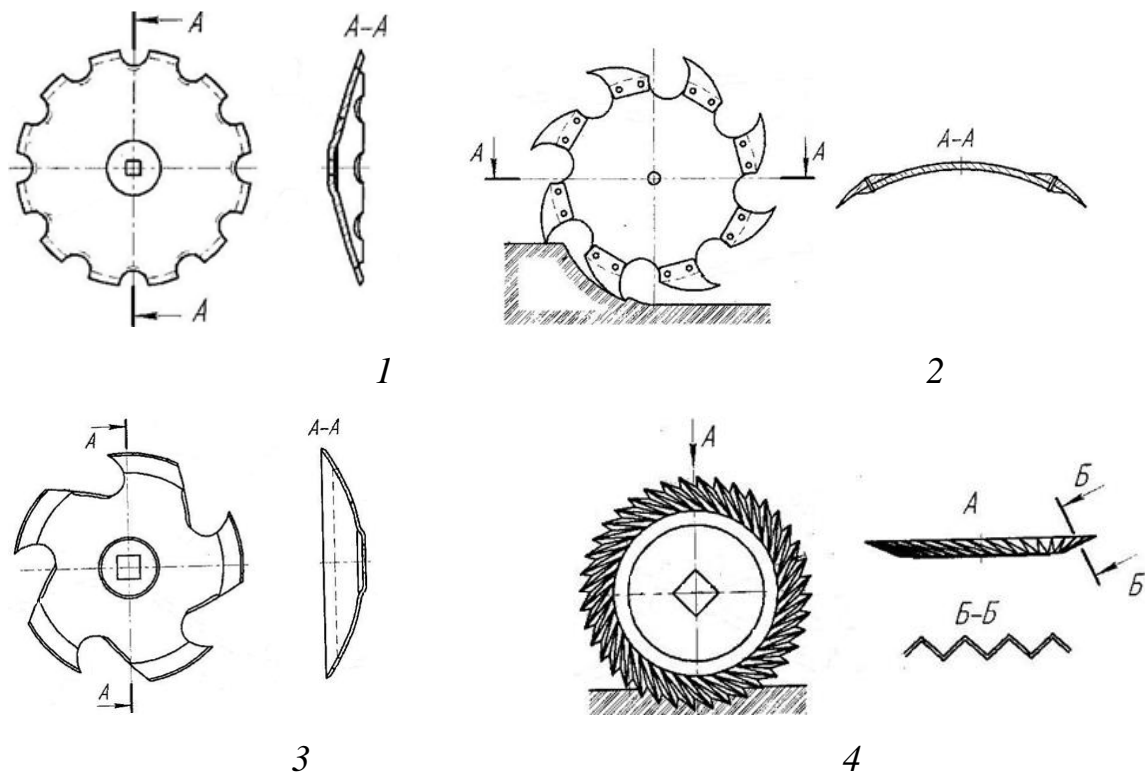


Рис. 1.35. Схеми сферичних зубчастих ґрунтообробних дисків, що використовуються як основні робочі органи ґрунтообробних агрегатів:

1 – конструкції Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»; 2, 3 – конструкції Всеросійського науково-дослідницького інституту гідротехніки і меліорації ім. А.Н. Костякова; 4 – конструкції Є.Ф. Мітіна

Національним технічним університетом України «Київський політехнічний інститут» запропонований диск ґрунтообробного знаряддя (рис. 1.35, 1), що має сферичну форму і вирізи круглої форми, виконані так, що центр круга лежить на обрисах диска, що дає змогу рівномірно без явищ інтерференції, тобто подвійної дії на ґрунт проводити розпушування ґрунту і виключати заливання рослинних решток [212].

У Всеросійському науково-дослідницькому інституті гідротехніки і меліорації ім. А.Н. Костякова розроблені робочі органи дискової борони [245]. Дисковий робочий орган (рис. 1.35, 2) включає сферичний диск із ріжучими елементами, виконаними у вигляді трикутників з заточеними задньою і передньою кромками. Завдяки наявності елементів визначеної форми у дисків забезпечується збільшення проникаючої і подрібнюючої здатності і тим самим дає можливість підвищити продуктивність робочого органу. Але через те, що ріжучі елементи з'ємні, робочий орган має недостатню міцність.

Дисковий робочий орган [260] має монтажну плоску частину з квадратним отвором, яка спряжена з робочою частиною перехідною ділянкою і забезпечує підрізання бур'янів на глибину до 20 см (рис. 1.35, 3). При перекочуванні диска ріжучою кромкою підрізується пласт ґрунту з коренями і стеблами бур'янів. У пророблену щілину врізається носок, при перекочуванні ріжуча кромка з загостренням на фронтальній межі. Корні бур'янів проковзують по ній до повного перерізання. Цим унеможливується скупчення не перерізаних бур'янів на ріжучій кромці вирізів.

У конструкції ґрунтообробного робочого органу Є.Ф. Мітіна (рис. 1.35, 4) [305] поєднуються конусність периферійної частини 130° і рифлення. Загострення ріжучої кромки виконано перпендикулярно до осі обертання робочого органу. При поступальному переміщенні робочий орган, обертаючись, підрізає рослинні рештки чи стерню, кришить шар ґрунту на задану глибину і зіштовхує у бік. При обробці важких ґрунтів робочий орган

обертається у протилежному напрямі, розрушаючи поверхність клином ріжучої кромки. Конструктивні особливості підвищують його пружність і жорсткість, що дає змогу зменшити матеріалоемність і затрати енергії на виготовлення із тонколистової сталі, натомість з тим диском можна обробляти ґрунт лише на невелику глибину.

1.3 Аналіз теоретичних досліджень з обґрунтування параметрів робочих органів для сівби

У відомих конструкціях типу селекційних сівалок з різними висівними апаратами, як було зазначено у попередньому розділі, висівні робочі органи сошникової групи використовуються із виробничих моделей сівалок загального призначення з урахуванням уніфікації і технологічних умов.

У працях І.В. Морозова (ХДТУСГ) обґрунтовано основні конструктивні параметри найпоширенішого у вітчизняній селекційній практиці для рядкового висіву зернових і зернобобових культур дводискового сошника, визначено і проаналізовано основні показники кінематичного режиму [129]. Схему визначення параметрів дводискового сошника наведено на рис. 1.36.

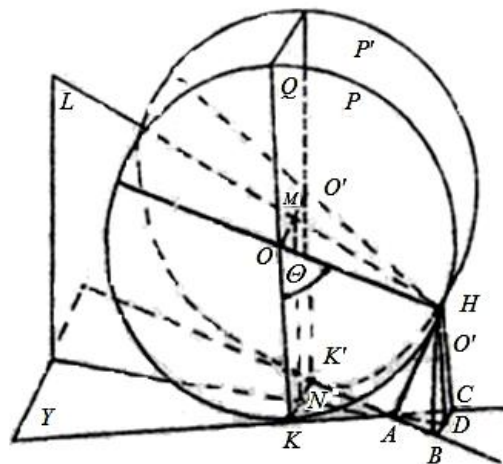


Рис. 1.36. Схема параметрів дводискового сошника

При характерних робочих параметрах $r = 0,175$ м, $h = 0,08$ м, $V = 2$ м/с, швидкість точки на диску при виході з ґрунту дорівнює 1,9 м/с, тобто абсолютна швидкість точки диска менша, ніж поступальна швидкість сошника. Рівність нулю швидкості диска відносно ґрунту в миттєвому центрі швидкостей є перевагою дискових сошників над наральниковими та дає підґрунтя для застосування їх для підсіву зріджених сходів. Рекомендовані оптимальні параметри, в тому числі і з мінімально допустимими енергетичними показниками, для дискового сошника наступні: діаметр диска 0,33 – 0,34 м; кут атаки α до 7° ; кут сходження дисків γ від 10 до 11° , кут нахилу дисків до вертикалі до 3° , точка сходження дисків повинна сходитись на рівні поверхні поля, але не вище 0,10 м від опорної площини сошника. Фронтальна сила тиску ґрунту на сошник (рис.1.37) визначалась з рівняння:

$$R = \rho V^2 \frac{\sin(\alpha + \varphi) \sin 2\alpha \sin \theta}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha \sin \theta}} \left[r^2 \arcsin \frac{\sqrt{2(r-h)}}{r} - (r-h) \sqrt{h(2r-h)} \right], \quad (1.11)$$

де ρ – щільність ґрунту; V – швидкість руху сошника; α – горизонтальна проекція половини кута між дисками; φ – кут зовнішнього тертя ґрунту по диску; θ – кут між радіусом диска, який проходить через точку сходження дисків і нижнім вертикальним радіусом диска; h – глибина ходу диска; r – радіус диска.

Відповідно до наведеного рівняння енергетичні показники дискового сошника є функцією його швидкості, діаметра дисків, кута між ними, сили тяжіння сошника, глибини його ходу і фізико-механічних властивостей ґрунту.

Встановлено, що опір сошника в першу чергу залежить від швидкості його руху і глибини ходу і майже не залежить від діаметра диска, а в зоні виходу диска із ґрунту показники кінематики сошника сприяють викиданню ґрунту, а разом з ними і частини насіння у верхній його шар, що негативно впливає на загортання насіння на задану глибину.

Дослідженнями В.В. Адамчука (1991 р.) було встановлено, що застосування сівалок з дводисковими сошниками не дає змоги забезпечити повну ефективність від підживлення посівів озимих культур через незадовільне внесення туків по глибині ґрунту і незначне розпушування кірки, яка має місце на поверхні ґрунту під час підживлення посівів [2]. Кращі показники мають однодискові сошники (рис. 1.37), в яких сферичний диск з рівною периферією встановлений під кутом атаки в горизонтальній площині.

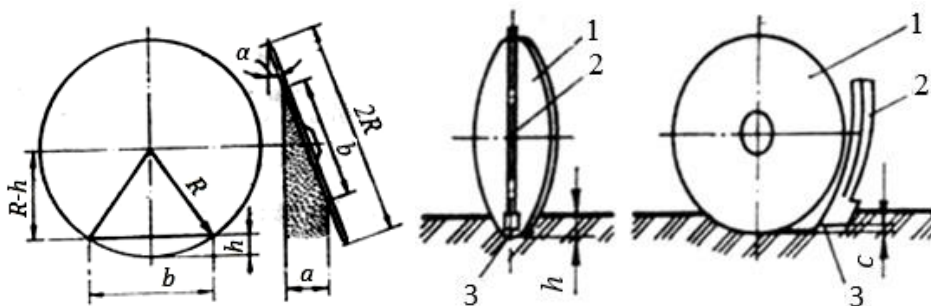


Рис. 1.37. Схема експериментального однодискового сошника:

1– диск; 2– тукоспрямувач; 3– висівний отвір

Залежність для знаходження допустимого значення кута атаки відповідно з схемою отримана наступна:

$$b = 2\sqrt{h(2R - h)}, \quad (1.12)$$

де h – глибина борозни; R – радіус диска,

$$a = 2\sqrt{h(2R - h)} \sin \alpha, \quad (1.13)$$

де α - кут атаки диска, град.

При ширині борозни до 20 мм отримана нерівність для визначення кута атаки:

$$\alpha \arcsin \leq \frac{10}{2\sqrt{h(2R - h)}}. \quad (1.14)$$

Як було експериментально підтверджено при діаметрі диска $2R=450$ мм, глибині внесення добрив $h = 5$ см і ширині борозни $a = 20$ мм кут атаки становив $\alpha = 4^\circ$.

При виставленні туконапрячника за диском забезпечувалась повна подача добрив. Недоліками роботи даного рішення встановлена низька надійність унаслідок забивання висівних отворів ґрунтом і нагромадження на передній кромці решток рослин, що були вирізані диском, який йде попереду, а також необхідність коректування положення туконапрячника при зміні кута атаки диска.

З метою зниження енергоємності і підвищення експлуатаційної надійності процесу висіву сільськогосподарських культур застосування зубчастих дисків-ножів, що розрізають ґрунт перед дводисковими сошниками в сівалці, запропонована конструкція з загальмовуванням зубчастих дисків (рис. 1.38), привід яких виконаний від опорно-привідних коліс з передаточним відношенням від 1,2 до 5,0, для забезпечення ефекту ковзання [239].

Частина маси сівалки через телескопічні штанги і пружини 1, 2 з одного боку і через раму, вал, шатуни 4 з другого боку, передається на вали з батареями зубчастих дисків-ножів 3, які прижимаються до ґрунту і взаємодіють з ним. Окружна швидкість кінця зуба в 1,2 – 5 раз менше поступальної швидкості \bar{V} сівалки. Абсолютна швидкість зуба визначається векторною сумою $\bar{V} + \bar{V}_d$ в процесі взаємодії з ґрунтом має напрямок в бік \bar{V} . Тому при проковзуванні диска робочі грані його зубців взаємодіють з ґрунтом, як двогранний клин з позитивним кутом входу в ґрунт і вертикальна складова сил опору ґрунту спрямована на заглиблення диска 3.

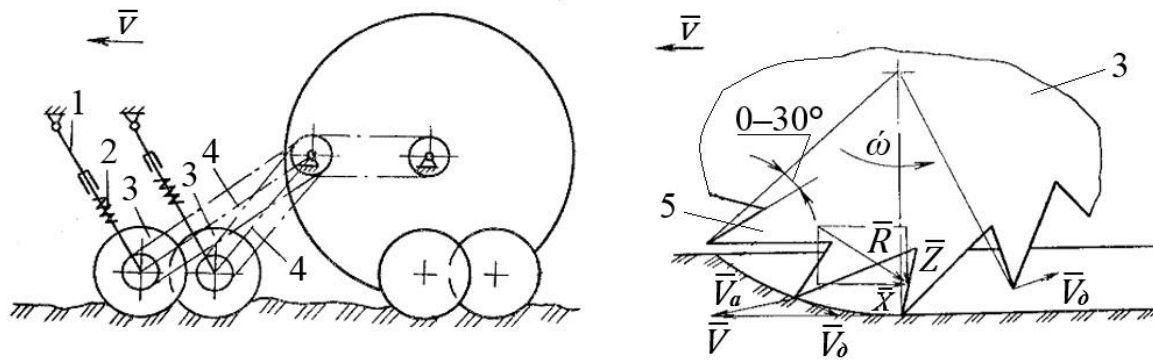


Рис. 1.38. Схема взаємодії зубчастого ножа з ґрунтом при русі з проковзуванням

Зубчасті дискові ножі виконані з зубцями, встановленими назустріч кутовій швидкості ω обертання дисків 3 і нахилені всередину диска 3 під кутом $0 - 30^\circ$ до його радіусу, проведеного через вершину зуба 5:

$$\bar{Z} = \bar{R} - \bar{X}, \quad (1.15)$$

де \bar{R} і \bar{X} – відповідно рівнодіюча і горизонтальна складова сил опору ґрунту деформації диском.

У борозни, створені зубчастими дисками, висівається насіння дводисковими сошниками, встановленими по сліду дисків [162].

При дослідженнях посівів селекційного матеріалу по стерньовому фоні В.А. Домрачев (Сибірський НДІСГ, 2011 р.) [75] акцентує увагу на тому, що для об'єктивної оцінки селекційних ліній зернових культур необхідна ідентичність технологій їх виробництва. Однак посівні пристрої, що застосовуються для висіву невеликих партій насіння (ручна сівалка СР-1М, сівалка касетна селекційна СКС-6А, сівалка порційна СН-10Ц-01, сівалка зі змінною колією СН-16ПМ), не здатні для виконання технологічного процесу висіву по стерньовим і мульчованим фонам. При їх роботі в таких умовах через декілька метрів руху перед сошниками створюється земляний вал, тобто проходить скупчення ґрунту, що перешкоджає подальшій сівбі. Застосування технічних рішень, що працюють у виробничих сівалках наприклад СЗС-2,1, у селекційних сівалках – неприйнятні, оскільки початок

і кінець рядків на ділянках розташовуються на лініях, що відповідають межах ярусу і т. ін. Через відсутність спеціальних машин вчені змушені висівати і оцінювати селекційний матеріал по чистому пару, хоча сорти створюються для висіву по стерні. При цьому в науково-дослідних установах перспективні сорти зернових культур формують врожайність на рівні 60 – 80 ц/га, а у виробничих умовах вона падає до 20 – 30 ц/га і нижче. Одна з причин такої ситуації – не ідентичність умов і не відповідність фону на ранніх етапах виробництва [75].

В основу створення макетного зразка для вирішення означеної проблеми [75] було покладено гіпотезу про те, що, якщо на базі селекційної сівалки СКС-6-10 з апаратом центрального висіву встановити сошники у вигляді культиваторної лапи з підсошниковим розподільювачем насіння, а між ними на загальному валу змонтувати лопатні диски з активним приводом (рис. 1.39), це дасть змогу підвищити ефективність висіву насіння. Крім того, за сошниками повинні бути встановлені прикочувальні погумовані котки.

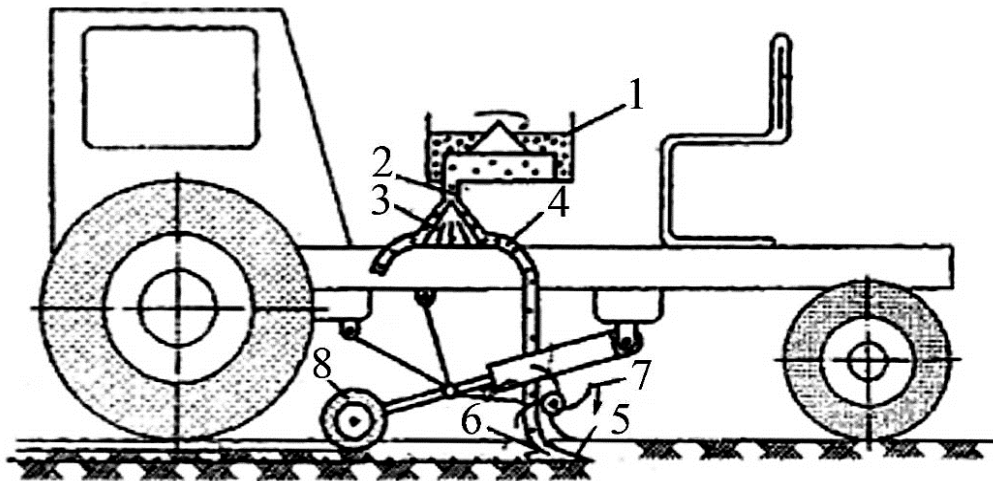


Рис. 1.39. Схема селекційної сівалки по стерньовому і мульчованому агрофонах:

1 – передній розподільник; 2 – вирівнювач потоку; 3 – конусний розподільник; 4 – насіннепровід; 5 – сошник; 6 – розподільник; 7 – лопатевий диск; 8 – прикочувальний коток

Встановлений у підсошниковому просторі розподілювач, ударяючись по площині якого насіння розміщується смугою, а прикочувальні котки ущільнюють ґрунт над ними. Лопатні диски при обертанні транспортують соломисті частинки через міжсошниковий простір, запобігаючи забиванню сошників.

Щоб отримати постійну глибину висіву при зміні робочої швидкості і умов роботи, слід мати регульовану жорсткість підвіски робочих органів. Для покращення якості загортання насіння необхідно зменшення маси, що дає змогу одночасно зменшити тяговий опір і введення в конструкцію механізму підвіски сошника регулятора коефіцієнта жорсткості підвіски і заглиблення. В.В. Беловим (Санкт-Петербурзький ДАУ, 2007 р.) [10] проведені дослідження зміни заглиблюючої сили, що створюється механізмом підвіски залежно від робочої зони важеля підвіски сошника. Розглянуто два варіанти механізму підвіски (рис. 1.40).

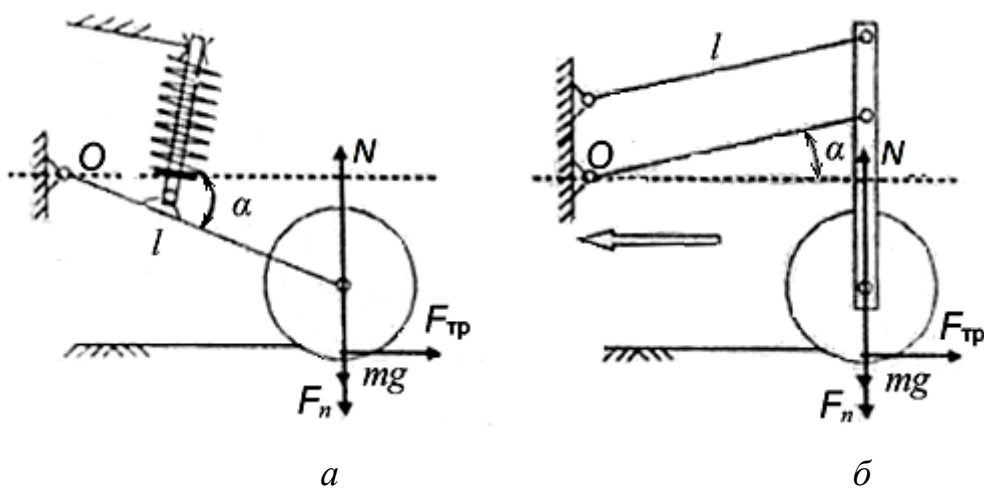


Рис. 1.40. Схема механізмів підвіски сошників:

a – діючої; *б* – пропонуємої

Робоча зона в діючих механізмах завжди нижче горизонталі для задненавісних робочих органів – сошників.

Виходячи з того, що механізм підвіски разом зі сошником представляє собою рівноважну систему-рівняння моментів сил для механізму підвіски сошника відносно точки 0 (рис. 1.40, а):

$$M_{oc} = 0 . \quad (1.16)$$

Аналогічне рівняння моментів сил запишемо для пропонуємого варіанту (рис. 1.40, б):

$$M_{on} = 0 , \quad (1.17)$$

Використовуючи рівняння (1.16) і (1.17) при розгляді сил тертя на зусилля сил заглиблення для варіантів механізму підвіски для діючої схеми механізму підвіски момент сил:

$$M_{oc} = Nl \cos \alpha + F_{mp} l \sin \alpha - (F_n + mg)l \cos \alpha , \quad (1.18)$$

де N - виглубляюча сошник сила, приведена до осі обертання сошника;

l - довжина важеля підвіски сошника; α - кут підвіски відносно горизонталі; F_{mp} - сила тертя приведена до осі сошника; F_n - сила пружини; mg - сила тяжіння сошника.

Для пропонуємої схеми механізму підвіски момент сил:

$$M_{on} = Nl \cos \alpha + F_{mp} l \sin \alpha - (F_n + mg)l \cos \alpha . \quad (1.19)$$

При розділенні моментів сил зліва ті моменти, що прямують заглибити сошник, а зліва – виглибити, отримується вираз:

$$Nl \cos \alpha + F_{mp} l \sin \alpha = (F_n + mg)l \cos \alpha \quad (1.20)$$

$$Nl \cos \alpha + F_{mp} l \sin \alpha + (F_n + mg)l \cos \alpha .$$

Після перетворень:

$$N = F_n + mg - F_{mp} \operatorname{tg} \alpha \quad (1.21)$$

$$N = F_n + mg + F_{mp} \operatorname{tg} \alpha \quad (1.22)$$

З останнього виразу видно, що сила тертя сошників об ґрунт має знаковмінний характер. Якщо робоча зона важеля підвіски сошника $-90^\circ < \alpha < 0^\circ$ (діюча) то сила тертя прямує виглибити сошник, а у випадку, коли робоча зона важеля підвіски сошника $+90^\circ > \alpha > 0^\circ$ (пропонована), то сила тертя прямує заглибити сошник. Зроблено висновок, що при русі посівного агрегату вслід нерівностей поверхні поля кут α змінюється відповідно положенню важеля підвіски, що в свою чергу приводить до зміни моменту виглиблювальних сил. Зміна моменту виглиблювальних сил і величини заглиблення сошника проходить навіть у випадку однорідності структури ґрунту, постійної робочої швидкості агрегату, постійності приведенної заглиблювальної сили пружини через зміни рельєфу поверхні.

При вирішенні завдання знаходження технічних рішень для використання серійних зернових сівалок типу СЗ-5,4 у системі прямого висіву шляхом обладнання сівалки приставкою, робочими органами якої є хвилясті ґрунтообробні диски, С.В. Дьяконовим (ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2007 р.) [80] розроблено математичну модель з використанням рівняння Лагранжа другого роду динаміки функціонування сошникової системи з опорно-прикочувальним котком згідно з еквівалентною розрахунковою схемою 1.41.

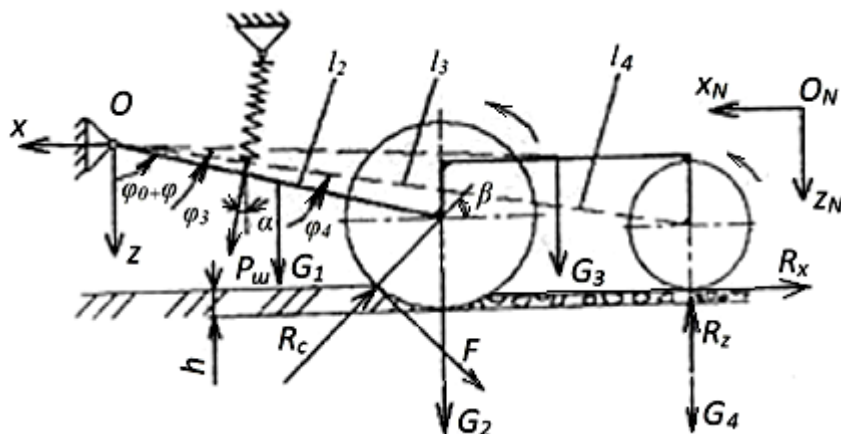


Рис. 1.41. Еквівалентна розрахункова схема сошникової системи з опорним котком

На основі наведеної розрахункової схеми експериментальної сошникової системи складено рівняння :

$$\begin{aligned} & \ddot{\varphi} \left[\frac{m_1 l_2^2}{2} + 2 m_1 l_2^2 + 2 m_3 l_3^2 + 2 m_4 l_4^2 + I_1 + I_2 + I_3 + I_4 \right] = \\ & = - (h_{np} + l_1 \sin \varphi) C_{np} l_1 \sin(\alpha + \varphi_0 + \varphi) - (0,5G_1 + G_2) l_2 \sin(\varphi_0 + \varphi) + \\ & + R_c l_2 (\sin \beta - f \cos \beta) - G_3 l_3 \sin(\varphi_0 + \varphi + \varphi_3) - G_4 l_4 \sin(\varphi_0 + \varphi + \varphi_4) + \\ & + R_z l_4 \left(\sin(\varphi_0 + \varphi + \varphi_4) + f_c \cos(\varphi_0 + \varphi + \varphi_4) \right), \end{aligned} \quad (1.23)$$

де $m_1 \dots m_4$ - маси та моменти інерції відповідно повідка, сошника важеля, що з'єднує коток з сошником, котка; $l_1 \dots l_4$ - величини, які визначають конструктивні параметри сошникової системи; h_{np} - деформація пружини при початковому зусиллі стиску; C_{np} - жорсткість пружини; α, β - кути нахилу натискної штанги та сили R_c , що діє на сошник; φ_0 - початковий кут нахилу повідка сошника; f - коефіцієнт тертя; f_c - коефіцієнт перекручування; $G_1 \dots G_4$ - сила тяжіння складових систем сошникової системи; R_c - опір ґрунту; R_z, R_x - вертикальна і горизонтальна складові сили, що діють на коток. Опір сошника, з урахуванням зміни глибини його ходу визначали за формулою:

$$R_c = k_1 (1 + p \sin(V_t)) \left(h + l_2 (\cos(\varphi_0 + \varphi) - \cos \varphi_0) \right), \quad (1.24)$$

де k_1 - усереднений опір ґрунту сошнику; h - глибина загортання насіння; p - коефіцієнт, що характеризує параметри синусоїди; V - швидкість руху.

У результаті рішення диференційного рівняння знайдено залежності коефіцієнта варіації значень кута від параметрів сошникової системи. Встановлено, що при збільшенні довжини повідка до 1,01 м коефіцієнт варіації знижується. Раціональне значення жорсткості пружини натискної при заданих параметрах сошникової системи повинно бути не менше 1500 Н/м. При куті нахилу повідка сошника $75 \dots 85^\circ$ коефіцієнт варіації найменший. Він знижується також, якщо точка прикладання сили дії

натискної штанги від точки підвісу буде на відстані від 0,6 м, тобто за вертикальною віссю сошника. Найбільший вплив на коефіцієнт варіації має швидкість руху, при її збільшенні удвічі він зростає більше ніж у 10 разів, при збільшенні маси сошника від 3,6 до 5,6 кг у заданих умовах коефіцієнт варіації зменшується, а при подальшому збільшується.

П.В. Сисоліним розроблено конструкцію комбінованого сошника (рис. 1.42) із зубчастим дисковим ножом, за яким розташована наральникова частина корпусу, а далі борозноформуюча п'ятка, насіннеспрямовуюча коробка та ущільнююча п'ятка [186].

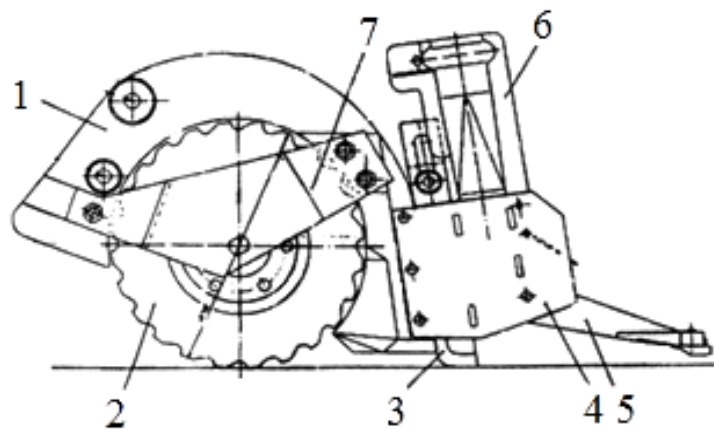


Рис. 1.42. Схема комбінованого сошника конструкції КНТУ:

1 – корпус, 2 – дисковий ніж; 3 – борозноформуюча п'ятка; 4 – насіннеспрямовуюча коробка; 5 – ущільнююча п'ятка; 6 – лійка; 7 – накладка

Зернові сівалки з такими сошниками згідно з автором можуть виконувати сівбу і на полях, засмічених рештками стебел та бур'яном. Дисковий ніж за рахунок своєї зубчастої крайки буде активно обертатися і його дії на стебла підсилюються при підвищенні швидкості сівалки. При швидкості сівалки 10 км/год швидкість зубчастого диска буде 2,8 м/с (250 об/хв.), що сприятиме більш інтенсивному перебиванню стебел. Оскільки польова схожість насіння у виробничих умовах при сівбі сівалками з дисковими сошниками не перевищує 70%, то застосування запропонованого сошника приведе до зменшення норм висіву зернових культур на 25 – 30%

прийнятих на сьогодні норм в регіонах. Це дасть значне заощадження посівного матеріалу в господарствах при більш сталих і високих врожаях зернових культур.

Розглядаючи важливість забезпечення оптимальних норм висіву зернових культур за рахунок підвищення якості загортання насіння П.В. Сисолін приводить дані нерівномірності розподілення насіння по глибині у борозні при дослідженнях посіву сівалками, які обладнані дводисковими сошниками при надмірній швидкості. А на швидкості понад 8 км/год значна кількість насіння виноситься дисками навіть на поверхню поля і загортається шлейфом сівалки у поверхневому шарі ґрунту на глибині до 1 см. На заданій глибині загортання залишається усього 38– 56%. При відхиленні загортання на 6 мм відносно середнього значення глибини сіви польова схожість становить близько 80%, а якщо відхилення буде 18мм, то вона зменшується до 54%. Втрати: перевитрати посівного матеріалу та недобір врожаю. Як спробу вирішення завдання загортання усього насіння на задану глибину з достатньо щільним його контактом з ґрунтом, не зменшуючи робочої швидкості посівного агрегату він наводить конструкцію сошника (рис. 1.43), розроблену в науково-дослідному інституті ВІСГОМі (Росія).

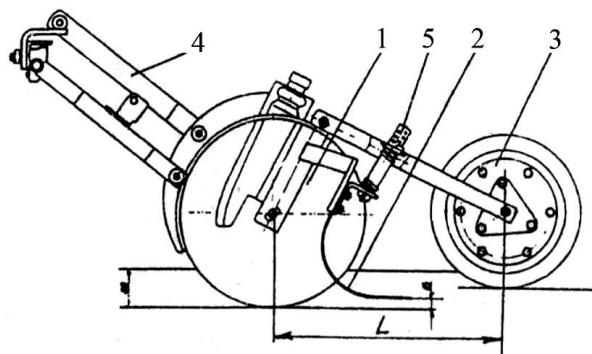


Рис. 1.43. Схема комбінованого сошника конструкції ВІСГОМу:

1 – сошник; 2 – пружний відбивач; 3 – прикочувальний коток; 4 – паралелограмна підвіска; 5 – регулятор глибини загортання насіння

Сошник обладнаний додатковими конструктивними елементами: спеціальним відбивачем 2; прикочувальним котком 3 та паралелограмною

підвіскою 4. Сошник здатний укласти 95% насіння в у 2-сантиметровий шар на заданій глибині (3 – 8 см), але потребує ретельної підготовки поля під сівбу, а оскільки коток 3 віддалений від сошника 1, і які жорстко між собою пов'язані через регулятор глибини 5 на значну відстань – ретельної, з вирівнюванням поверхні, підготовки ґрунту.

На підготовлених ґрунтах переваги за сівалками, які обладнані анкерними чи кілеподібними сошниками, які формують посівну борозенку з щільним ложем та укладають більшість насіння на одну і ту саму глибину.

Ресурсо-енергоощадна посівна секція зернотукової сівалки (рис. 1.44) розроблена Н.Ф. Скурятиним (Белгородська ДСГА, 2008 р.) [192,193,263].

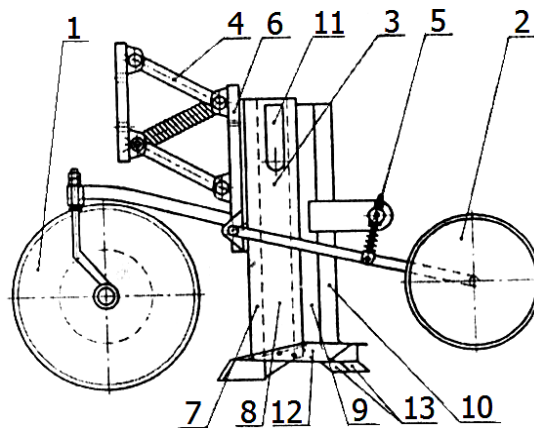


Рис. 1.44. Схема посівної секції зерно тукової сівалки:

1 – дисковий ніж з ребордою; 2 – прикочуючий пристрій; 3 – комбінований сошник; 4 – паралелограмна підвіска; 5 – стійка-насінепровід; 6 – кронштейн; 7 – передня стійка; 8 – щока; 9,10 – насіннєспрямовувачі; 11 – приймач добрив; 12 – стрілочата лапа; 13 – борознотворювачі

При русі дисковий ніж, встановлений перед сошником, розрізає ґрунт. За ним проходить комбінований сошник. Завдяки нижньому кінцю його передньої стійки 7, прикріпленої до кронштейна, створюється щілина нижче рівня ріжучої кромки стрілочастої лапи 12, куди по порожнинах стійки насіннетукопроводу 5 поступають добрива з приймача 11 і фіксуються

грунтом у вигляді вертикально розміщеної стрічки. В борозні борознотворювачами 13 по насіннеспрямовувачам 9 і 10 поступає насіння зі стартовою дозою добрив, які спочатку закриваються ґрунтом із борозенок, а потім з лапи. Після чого він ущільнюється прикочувальним пристроєм.

При висіві з використанням сівалки з борознотворювачами відхилення від заданої глибини не перевищує ± 5 мм при середньоквадратичному відхиленні 2,3 мм. Збільшення швидкості від 1,94 до 2,67 м/с несуттєво впливає на рівномірність глибини загортання насіння.

При дослідженні однодисково-анкерного сошника (конструкція і загальний вигляд наведено на рис. 1.30) М.М. Шайховим (ВІМ, 2011 р.) запропоновано схему (рис. 1.45) та розрахункову формулу для попередньої оцінки ширини смуги висіву насіння залежно від конструктивних параметрів сошників для вибору раціонального ряду для їх розробки [208].

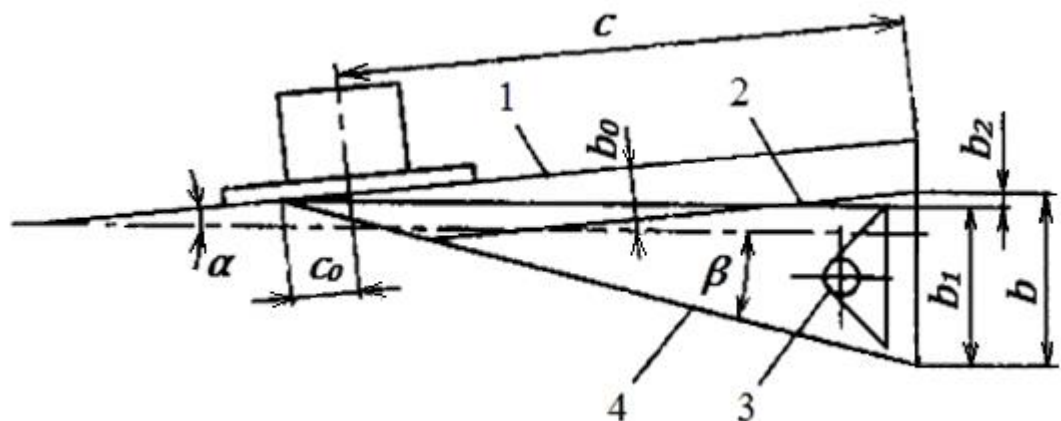


Рис. 1.45. Схема контурів однодисково-анкерного сошника, що забезпечує розширення смуги висіву:

1 – диск сошника; 2 – внутрішня щокovina анкера-ложестворювача;
3 – насіннетукотруба; 4 зовнішня щокovina анкера-ложестворювача

Формула має такий вигляд:

$$b = b_1 + b_2 = (c + c_0) \cos \alpha \operatorname{tg} \beta + [(c + c_0) \sin \alpha / \cos \alpha], \quad (1.25)$$

де b_1 – ширина смуги від зовнішньої щоківини анкера; b_2 – ширина смуги від внутрішньої щоківини анкера, за межами сліду зовнішньої щоківини; c – відстань від центра диска до площини, що проходить через задні кромки щоківин, відносно осі диска в напрямку його горизонтального діаметра; α, β – кути установки диска і зовнішньої щоківини анкера відносно повздовжньої вертикальної площини (кути атаки диска і анкера); b_0 – відстань між площинами диска і внутрішньою щоківиною (технологічний зазор між диском і анкером).

Розширення смуги висіву дає змогу наблизити форму площі живлення кожної рослини до оптимальної – форми квадрата, покращити умови розвитку рослин і забезпечити додатковий ріст урожаю.

При розробці та дослідженнях конструкцій сошників для прямої сівби з диском-ножем, що розрізає встановлено зменшення норм висіву зернових культур на 25 – 30% відносно звичайних дискових сівалок [186], збільшення швидкості з 1,94 до 2,67 м/с несуттєво впливає на рівномірність загортання насіння, при висіві зернових на глибину 0,07 м опір сошникової секції становить 72 Н без внесення добрив і 89 Н при внесенні добрив на глибину хода у ґрунті 0,12 м, ущільнення ґрунту котком тільки над насінневими рядками дає змогу знизити опір до 188 Н, або у 3,3 раза [192], проведені теоретичні дослідження зміни заглиблюючої сили, що створює механізм пружинної підвіски, залежно від положення робочої зони важеля підвіски сошника [10], та складені схеми переміщення, визначення кута установки зуба і форми леза, також приведені математичні моделі розрахунків для визначення оптимальних параметрів [175], але в дослідженнях не враховується енергетична складова, що виникає за рахунок вібраційних коливань в технологічному процесі.

Дослідженнями енергетичних факторів зниження затрат при ґрунтообробітці (геометрія робочого органу, режими різання, фрикційні властивості поверхні робочого органу, властивості ґрунтового середовища,

жорсткість пружного кріплення, параметри активації робочого органа) займались І.І. Артоболевський, В.М. Булгаков, П.М. Бурченко, П.М. Василенко, О.В. Верняєв, А.А. Вілде, В.П. Горячкін, А.А. Дубровський, Г.Н. Дьяченко, В.А. Желіговський, А.М. Зеленін, Р.М. Зонненберг, С.Я. Інаєян, В.В. Кацигін, К.Л. Качинський, М.І. Кленін, М.М. Летошнев, Н.Є. Мацепуро, В.І. Мельник, В.Т. Надикто, Ю.Ф. Новиков, І.М. Панов, Г.Е. Свірський, Г.Н. Синєоков, І.І. Смирнов, В.О. Шейченко, Н.В. Щучкін, Е. Walter та ін. [68,69,106,80,84].

Теоретичне обґрунтування ефекту вібраційного впливу на фізико-механічні властивості різноманітних сільськогосподарських матеріалів, а також можливості його застосування для технологічних операцій вперше викладене А.А. Дубровським. Академік І.І. Артоболевський відмічав, що вібраційна техніка в умовах сільського господарства дозволяє підвищити ККД сільськогосподарських машин, покращити якість виробничих процесів, змінювати конструкції машин, зменшувати їх вагу, підвищувати надійність і довговічність, механізувати нові, що не піддавались раніше механізації сільськогосподарські технологічні процеси [79]. При дослідженнях П.І. Василенко впливу вібрацій на технологічний процес було встановлено агротехнічний і економічний ефекти. При відкритті виноградних лоз вібраційними робочими органами тяговий опір на 17% менше тягового опору не вібруючих робочих органів при робочій швидкості руху трактора 1,16 м/с. Дослідженнями В.М. Булгакова комбайнів з вібруючими копачами встановлено зменшення тягового опору комбайна на 26 – 53% [14,26,196].

В землеробській механіці широко використовуються динамічні моделі типу статистичних (А.Б. Лур'є, П.Ю. Семенова та ін.), в тому числі на сівалках Є.І. Давідсона, Я.З. Каулінша, В.Ф. Клейна, А.І. Ключова та ін., вібраційних процесів (І.І. Артоболевського, О.В. Верняєва, А.А. Дубровського, Р.М.Зоненберга, І.В.Ігнатенко, П.П.Карпуши, В.П.Кондратьєва, В.А. Хадаєва та ін.) [86,87,94,102,180, 206].

Застосування нових технічних рішень пружного кріплення робочих органів, надає процесу чітко виражений динамічний характер, є причиною невивченості динамічних процесів, як енергетичного фактора. Ефективне використання динамічних явищ для оптимізації роботи, зниження тягового опору висівних робочих органів при сівбі потребує розробки динамічних моделей взаємодії робочих органів з ґрунтом, що враховують вищезначені особливості задач [129, 101, 179].

1.4 Аналіз застосування електронних пристроїв в управлінні висівними апаратами котушкового типу

У загальному вигляді процес висіву поділяється на дві основні складові: виділення із загальної маси насіння в бункері заданого потоку за допомогою висівного апарату і його транспортування та розміщення в ґрунті. Типовим представником першої групи є котушковий висівний апарат, який використовується в більшості сівалок, що застосовуються в Україні [8]. У США на зернових сівалках використовують апарати котушкового типу, які забезпечують дещо більшу рівномірність висіву, але потребують більш складної передачі, оскільки в цих апаратах норма висіву може регулюватися більшою зміною кількості обертів валу висіву. Це ускладнює експлуатацію, оскільки для кожної культури і норми висіву необхідно підібрати відповідну передачу.

У Західній Європі сівалки випускають з універсальним апаратом, який по рівномірності висіву мало відрізняється від котушкового. Для зернових культур котушка має два ряди штифтів (зубців), розташованих у шахматному порядку. Довжина котушки постійна. Для висіву дрібного і крупного насіння апарат має змінні котушки.

Особливість і універсальність котушкових висівних апаратів у застосуванні котушок різного розміру. Розподільвач насіння не потребує ніяких регулювань, необхідно тільки виставити норму висіву [124,188].

Сівалка селекційно-насінницька СС-16 уніфікована з конструкціями сімейства рядкових зернових сівалок: СЗ-3,А; СЗТ-3,6А; СЗ-5,4; СЗП-3,6 ПАО «Червона зірка» по 15 найменуванням запчастин. Принцип роботи висівного котушкового апарату збережений (рис. 1.46, 1.47), але разом з тим для розширення діапазону норм висіву, підвищення якості технологічного процесу та зниження травмування насіння збільшена кількість передаточних відношень від опорного колеса до валу з висівними апаратами до 80, і замість універсальної металевої котушки використовуються три котушки для дрібного, середнього чи крупного насіння, які виготовляються із полімерного волокна-реактопласту.

Норму висіву регулюють зміною кількості обертів валу висівних апаратів (ВВА) за допомогою КП, що забезпечує 72 передаточних відношення обертів з опорно-приводного колеса [177], схему приводу ВВА наведено на рис. 1.46.

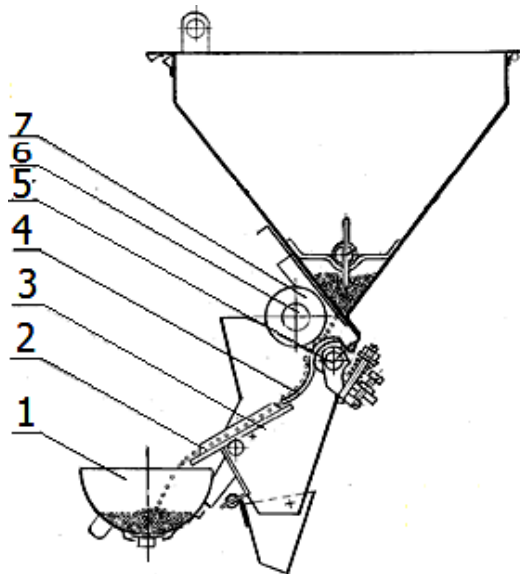


Рис. 1.46. Висівний апарат:

1 – лоток; 2 – перекидний клапан; 3 – коробка висівного апарату; 4 – дно; 5 – ось; 6 – вал; 7 – котушка

Насіння, що поступає із ящика у верхню порожнину коробки, рухається в напрямку обертання котушки. Одна частина насіння, що потрапило в жолобки, переміщується разом з котушкою, друга – за рахунок внутрішнього

тертя захоплюється катушкою, створюючи так званий активний шар потоку. Швидкість переміщення насіння в активному шарі однакове і знижується по мірі віддалення від катушки.

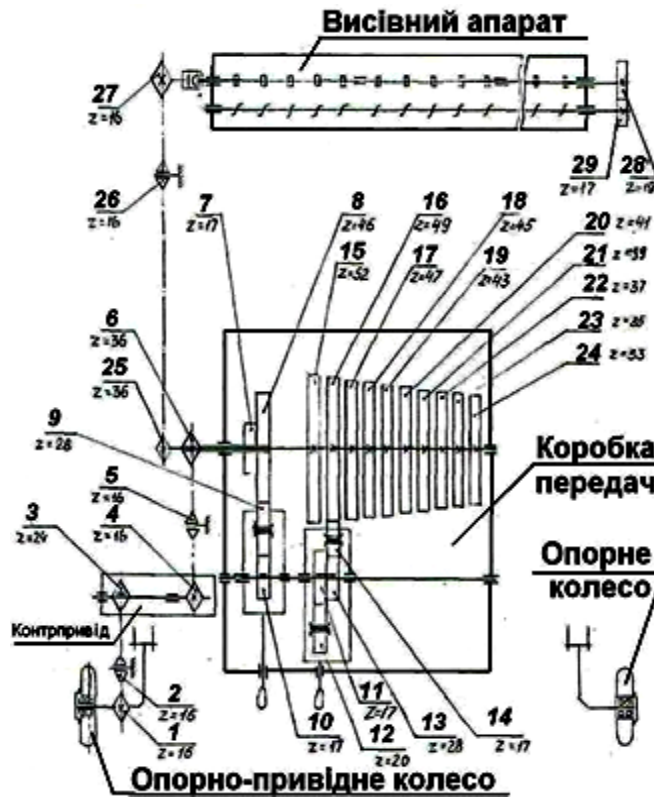


Рис. 1.47. Схема кінематична сівалки СС-16:

1–6, 25–27 – зірочки; 28 – шестерня на ВВА; 29 – шестерня на ворушивці; 7,8 – шестерні на повідному валу; 15– 24 – шестерні на веденому валу КП; 9,10 – шестерні одноплечого важеля; з проміжного валу на ведений вал обертання передається через шестерні 11,12 чи 13,14 – двохплечового важеля; ланцюгові передачі з 1 на 3, з 4 на 6 і з 25 на 27

Робочий об'єм висівного апарату – обсяг насіння, який висіває катушка:

$$q_0 = \frac{Q_n a}{1000}, \quad (1.26)$$

де Q_n – норма висіву, кг/га, a – ширина міжряддя, см.

Робочий об'єм залежить від норми висіву, ширини міжряддя і передаточного числа.

Маса (г) насіння, що висівається одним апаратом за один оберт ходових чи опорно-приводних коліс:

$$q_1 = q_0 \pi D = \frac{Q_{на} \pi D}{1000}, \quad (1.27)$$

де D – діаметр коліс.

Маса насіння, що висівається одним апаратом за один оберт катушки без врахування ковзання коліс:

$$q = \frac{q_0 \pi D}{i}, \quad (1.28)$$

де i – передаточне число від висівного валу до колеса:

$$i = \frac{D w_k}{d w_c}, \quad (1.29)$$

де w_k – швидкість катушки; d – діаметр катушки; w_c – швидкість сівалки.

Вал висівних апаратів отримує рух через ланцюгову і зубчасту передачі від ходових коліс сівалки. При роботі ходові колеса перекочуються по полю з ковзанням, причому коефіцієнт ковзання залежно від стану ґрунту змінюється від 0,08 до 0,15 [98], що у відсотковому вираженні рівняється $(11,5 \pm 3,5)\%$. Разом з тим дуже перспективно використання висівних апаратів для пониження травмування насіння, оскільки статистикою встановлено, що половина насіння після висіву має травмовану оболонку. Для висіву бобових культур фірма «Гуе» розробила висівні апарати, які не травмують оболонку насіння. Кіровоградський технічний університет разом з КБ «Червона зірка» також розробили аналогічний висівний апарат для зернових, бобових, кукурудзи, соняшнику, ріпаку та ін. [153].

Питанню автоматизації контролю технологічного процесу висіву насіння приділяється велика увага [226, 232, 233, 266, 267].

В ІМЕСГ УААН у 1994 р. було доведено ефективність застосування на зернових рядкових сівалках з катушковим висівним апаратом типу СЗ-3,6 автоматичних систем контролю та обліку виконання технологічного процесу,

схема наведена на рис. 1.48. Різні вузли та пристрої системи розміщені як на сівалці, так і на тракторі.

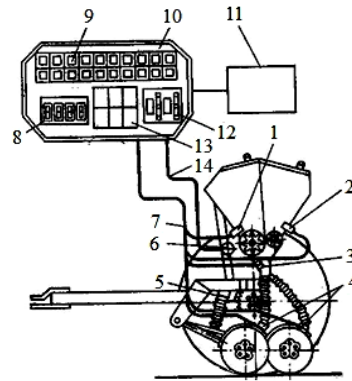


Рис. 1.48. Схема автоматичної системи зернової сівалки СЗ-3,6:

1– датчик насіння; 2 – датчик міндобрів; 3 – датчик потоку насіння; 4– датчик контролю забивання сошників; 5 – датчик пройденого шляху; 6– виконавчий механізм; 7– кабель комплексу датчиків; 8– цифровий індикатор; 9– індикатори відмов; 10– індикаторно-задавальна панель; 11– обчислюваний комплекс; 12 – надавач норми висіву; 13– блок перемикачів; 14 – кабель виконавчого механізму

На панелі перед трактористом знаходяться індикатори, що інформують про точки відмов, індикатор для надання за викликом тракториста цифрової інформації про будь-який з реєстрованих системою параметрів, блок перемикачів сенсорного типу для вмикання і вимикання системи, задавання режиму роботи реєструючого табло, виклику певної інформації із запам'ятовуючого пристрою, контролю справності елементів [17].

В Україні розроблена система контролю висіву насіння НИВА-12М, розрахована для установки на сівалки точного висіву. Вона являє собою контролер з мікропроцесором від 8 до 12 ємкісних датчиків висіву залежно від комплектації. Розводка по сівалці і з'єднує сівалку з кабіною трактора. Система контролює висів насіння, має світлову індикацію на дисплей контролера для візуального сприйняття інформації й обладнана сигнальною індикацією. Система контролю допомагає дотримуватись раціональної технології висіву, в результаті чого скорочуються строки сівби, виключається

перевитрата насіння, повністю ліквідуються суцільні просіви і мікропросіви, які знижують врожайність на 4...12% [157].

Сівалка селекційна «Клен» з порційним висівним апаратом обладнана автоматизованим запуском висівного апарату після розподілу насіння по конусу, встановленням довжини ділянки за допомогою пульта керування, обліку засіяних ділянок (рис. 1.49) [158].



Рис. 1.49. Загальний вигляд системи автоматичного контролю висіву конусним апаратом сівалки Клен

Живлення електронної системи контролю висіву (напругою 12 В і потужністю 120 Вт) здійснюється через силову коробку, в якій встановлений автоматичний вимикач з наконечниками для підключення до акумуляторної батареї.

Компанія John Deere у 1998 р. перша представила систему супутникового ведення сільського господарства, що ґрунтувалася на роботі сигналів 30 активних супутників. Розробкою компанії є навігаційна система Green Star. Апаратна частина системи складається з мобільної процесорної частини, диференціального приймача Star Fire і дисплея, які разом з сигналами супутників створюють систему глобального позиціонування. Ці компоненти легко переміщуються з трактора на комбайн і іншу техніку. Ключовим елементом системи слугують сигнали GPS, за допомогою яких відбувається визначення координат. Спеціальне обладнання Rapid дає змогу керувати нормою висіву в автоматичному режимі за допомогою радара, який у процесі роботи вимірює швидкість руху сівалки і передає дані на блок керування для коректування подачі зерна на висівний апарат. Пневматична

система розподілу, як у сівалці Rapid A 600 Combi компанії Vaderstad здатна без додаткових налаштувань дозувати насіння. Гідравлічний привід забезпечує безупинну подачу зерна, у процесі посіву дрібнозернових культур робоча ширина висівної котушки зменшується [149].

Wintersteiger пропонує обладнувати кожен сівалку сучасною системою глобального позиціонування GPS та застосовувати супутникову навігацію на ділянках. Компанією разом з партнерами створено систему, що забезпечує її застосування. Малогабаритний діляночний трактор Kubota має раму і необхідні адаптери та гідравлічні з'єднання для приводу тієї чи іншої селекційної сівалки і при необхідності може бути обладнаний автоматичною системою рульового керування під GPS. Для селекційних рядкових сівалок Wintersteiger система глобального контролю висіву Global Seed Control (GSC) і система вимірювання пройденого шляху за допомогою колеса з телеметричним датчиком спрощують висів оскільки немає необхідності проводити маркування поля. Система GSC (монітор на рис. 1.50) відповідає за функції вибір мови, налаштування параметрів ділянок, довжина циклу, швидкість руху, холостий хід, кількість ділянок у гоні, налаштування висівного апарату, вибір типу висівного апарату (конічний дозатор, касетний стіл і т. ін.), налаштування подачі насіння (наприклад час, на який піднімається накопичувальний циліндр) [156].



Рис. 1.50. Загальний вигляд системи глобального контролю висіву (GSC) Wintersteiger

Показники: відображення налаштувань коробки передач заданої сівалки відповідно до параметрів конкретної ділянки. Контроль функцій і виявлення збоїв. При суцільному висіві на ділянках контролюється

енергозабезпечення ротаційного дозатора таким чином, що при збої блокувався завантажувальний циліндр. При рядковому висіві контролюється енергоживлення електродвигунів механізму подачі касет, а також спрацьовує звуковий сигнал, якщо касети виявились пустими, при збоях блокується завантажувальний циліндр.

Наряду з важливістю електронного контролю процесу висіву насіння різними типами висівних апаратів більш актуальною задачею є комплексне вдосконалення сівалок, а саме, з котушковими висівними апаратами – розширення діапазону передаточних відношень при видаленні механічної КПП.

Висновки до розділу та постановка задач досліджень.

Сівба насіння на дослідних ділянках – найбільш затратна операція серед інших селекційно-насінницьких робіт. Методика селекції і первинного насінництва передбачає порівняння численних зразків насіння чи рослин різного походження і відбір. При цьому зразки, що поступаються контролю за якістю ознак, що досліджуються, відбраковують, а кращі – розмножують. З останніми проводять подальшу роботу безпосередньо до передачі насіння у виробництво. Порівняння зразків за продуктивністю окремих рослин, за загальним врожаєм з ділянки чи іншими корисними ознаками можливе тільки при забезпеченні однакових умов їх вирощування .

У технологічній схемі отримання більш високої продуктивності рослин, номера селекційного матеріалу, що вивчається базовою технологічною операцією є висів насіння. Наявні способи і технічні засоби для його виконання не завжди відповідають агротехнологічним вимогам, що веде до втрат і недобору великої кількості вихідного матеріалу та затягуванню строків виведення сорту. При порівняно невеликій площі (25...100га), що відводиться для селекційно-дослідних робіт, кількість тільки однорядкових ділянок в одній установі становить десятки тисяч. Аналіз негативних тенденцій, що мають місце у сфері селекції та насінництва в Україні, дає змогу дійти висновку, що однією із причин слабкої

конкурентоздатності вітчизняних сортів, гібридів та насінневої продукції є, серед інших, низький рівень технологій та технічного забезпечення. Основна проблема пов'язана з виробництвом селекційної техніки, в тому, що різних типорозмірів машин потрібно багато, а загальна кількість кожного типу, необхідна для повного забезпечення потреби в них селекційно-дослідних установ, порівняно мала при високій вартості машин. Для забезпечення різних варіантів схем висіву на різних стадіях селекції і первинного насінництва слід мати посівні машини різних типорозмірів залежно від кількості насіння, що висівається, і типу розсадника відповідно до прийнятих умовних етапів селекційно-насінницьких робіт. Селекційні сівалки відомих виробників для досліджень за сучасними енергоощадними технологіями уніфіковані і комплектуються, як правило, робочими висівними органами промислових машин, що серійно випускаються. Технічне забезпечення висіву насіння в селекційно-насінницькій роботі є проблемним і потребує розширення технологічних можливостей. Вітчизняні сівалки, що виготовлялись невеликими партіями для зернових і зернобобових культур: селекційна касетна автономного розподілу для другого етапу, сівалка касетна центрального розподілу для третього етапу і сівалка навісна селекційно-насінницька для четвертого етапу, потребують модернізації як по елементній базі, так і конструктивно для забезпечення селекціонерами дослідних робіт при впровадженні сортів за новими технологіями.

Такий стан речей створює **народногосподарську проблему**, суть якої полягає в низькій техніко-економічній ефективності виконання технологічних операцій селекційних посівів потребуючих розширення наявних технологічних можливостей.

Вирішення даної народногосподарської проблеми неможливе без розв'язання відповідної **науково-технічної проблеми**. Вирішення означеної проблеми можливо за рахунок вдосконалення діючих робочих органів і технологічних схем машин та створення системи автоматичного управління

висівом насіння і сошникових вузлів для сівби на селекційно-насінницьких ділянках.

Для цього, насамперед, необхідно розробити методологію вибору і обґрунтування конструктивно-технологічних схем селекційних сівалок і конструктивних та кінематичних параметрів, режимів експлуатації нових висівних робочих органів. Практичним кроком даного підходу є глибоке вивчення закономірностей технологічного функціонування типажу селекційних сівалок на різних умовних етапах селекції і первинного насінництва.

Відома нині методологія вибору конструктивних схем обґрунтування параметрів та режимів роботи селекційно-насінницьких сівалок не підходить для розв'язання вказаної вище науково-технічної проблеми. Конструктивно-технологічні особливості селекційно-насінницьких сівалок вимагають розробки інших технічних рішень для їх використання.

Розроблення нових технічних рішень селекційних сівалок і посівних агрегатів з використанням потенційних технологічних властивостей для розв'язання проблеми забезпечення сільськогосподарського виробництва країни високопродуктивними, енергоощадними та екологічно безпечними селекційно-насінницькими сівалками та посівними агрегатами є **провідною ідеєю** даної дисертаційної роботи. Практична реалізація цієї ідеї вимагає формулювання мети та задач теоретичних і експериментальних досліджень.

Із урахуванням викладеного вище, **метою** дисертаційної роботи є підвищення ефективності машин для рядкової сівби в селекції і насінництві та розширення їх технологічних можливостей шляхом розроблення механіко-технологічних основ взаємодії робочих органів з ґрунтом, що дозволило їх удосконалити та оптимізувати конструктивні та кінематичні параметри.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано наступні **задачі**:
- провести системний аналіз процесу механізованого рядкового висіву насіння сільськогосподарських культур на селекційно-насінницьких ділянках та визначити напрями підвищення ефективності робочих органів;

- розробити математичні моделі і на їх основі отримати залежності, які характеризують закономірності процесу роботи машин для підготовки ґрунту і висіву насіння в селекційно-насінницькій роботі з використанням комбінованих робочих органів;
- дослідити взаємозв'язок технологічних і експлуатаційних особливостей застосування системи автоматичного управління котушковим висівним апаратом для висіву насіння з їх параметрами і режимами роботи;
- визначити взаємозв'язок технологічних і експлуатаційних особливостей застосування комбінованих робочих органів сошникової групи для висіву насіння з їх параметрами і режимами роботи;
- розробити методики, прилади і устаткування для оцінки технологічних властивостей робочих органів селекційно-насінницьких сівалок з урахуванням їх конструктивних особливостей;
- дослідити вплив конструктивних схем і параметрів комбінованих робочих органів на технологічні і експлуатаційні особливості застосування селекційно-насінницьких сівалок для висіву на ділянках II, III та IV етапів селекційно-насінницьких робіт з урахуванням режимів їх роботи;
- розробити науково-обґрунтовані рекомендації з вибору схем і параметрів комбінованих робочих органів селекційно-насінницьких сівалок, які забезпечують високі експлуатаційно-технологічні показники їх роботи.

Об'єкт досліджень – селекційно-насінницькі технологічні процеси для розподілу зерна, підготовки ґрунту і висіву насіння на основі засобів для реалізації – селекційних сівалок.

Предмет досліджень – взаємозв'язки схем та конструктивних параметрів робочих органів селекційно-насінницьких сівалок з їх експлуатаційними показниками.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ СІВБИ В СЕЛЕКЦІЇ І НАСІННИЦТВІ

Як було зазначено у главі 1, вітчизняні селекційні сівалки, що виготовлялись партіями, потребують модернізації як по елементній базі, так і конструктивно для забезпечення селекціонерами дослідних робіт при впровадженні сортів за новими технологіями. Відомо, що традиційна розробка окремо взятих питань в галузі сільськогосподарського виробництва неефективна. В зв'язку з цим є доцільним проведення теоретичних досліджень взаємозв'язку технологічних і експлуатаційних особливостей застосування селекційних сівалок, системного аналізу елементів в поєднанні з математичним моделюванням для оптимізації кінематичних і конструкційних параметрів при максимальному скороченні номенклатури потрібних машин і знарядь шляхом уніфікації, універсалізації, комбінування, розробки змінних робочих органів до базових агрегатів на основі застосування уніфікованих технологій [31, 154].

2.1 Теоретичні передумови до обґрунтування параметрів робочих органів сівалок на основі системного підходу

Для підвищення ефективності процесу сівби на селекційно-дослідних ділянках при забезпеченні визначених функціональних залежностей між змінними його складовими параметрами проводили визначення дескриптивної та динамічної складності системи для оцінки числа елементів, що входять в систему, і різноманітності взаємодії між ними. Системний аналіз складових змінних параметрів технології селекційно-насіницької сівби проводиться шляхом цілеспрямованої зміни зовнішніх дій на вході і аналізу реакцій на виході. В технологічній моделі функціонування системи селекційно-насіницьких посівів показники якості селекційних робіт на всіх етапах селекції тісно пов'язані з ймовірністю знаходження в

допустимих межах умов роботи і технологічних режимів роботи сівалки. Для знаходження причинно-наслідкових зв'язків і математичного моделювання сівалка розглянута як підсистема, найбільш важливими елементами якої, в аспекті проблеми, що розглядається, є привід висівного апарату, висівний апарат і висівний робочий орган. У відповідності з технологічним процесом висіву насіння ці елементи взаємодіють послідовно, а варіанти функціонування кожного з них розглянуті паралельно. Розроблена модель функціонування системи селекційно-насінницьких посівів створює передумови визначення технологічних допусків якості роботи сівалки в умовах її нормального функціонування.

Якість сівби має дуже великий вплив на отримання врожаю. Для забезпечення високої якості висіву необхідно рівномірно розподілити насіння по площі, при цьому глибина висіву насіння повинна бути однаковою. Кожній рослині повинна бути відведена необхідна для неї площа живлення. Науковими установами і багаторічною господарчою практикою точно встановлена кількість насіння, яку необхідно висіяти для отримання найбільшого врожаю. При зменшенні, а нерідко і при збільшенні норми висіву, врожай знижується. Крім того, при недотриманні агротехнічних вимог непродуктивно втрачається цінний посівний матеріал [115,117,126, 185]. Сівба насіння на дослідних ділянках є найбільш затратною операцією серед інших селекційно-насінницьких робіт. Методика селекції і первинного насінництва передбачає порівняння численних зразків насіння чи рослин різного походження і відбір. При цьому зразки, що поступаються контролю по якості ознак, що досліджуються, відбраковують, а кращі – розмножують. З останніми проводять подальшу роботу безпосередньо до передачі насіння у виробництво. Порівняння зразків за продуктивністю окремих рослин, за загальним врожаєм з ділянки чи іншими корисними ознаками можливе лише при забезпеченні однакових умов їх вирощування. Одним з важливих факторів є адекватне розміщення на ділянках, що порівнюються. На перших етапах селекції (гібриди, мутанти, відбори і т. ін.), коли висівають окреме

насіння і їх перші потомства, необхідно для всього насіння забезпечити однакові площі живлення з рівними геометричними розмірами. В міру збільшення кількості насіння в зразках, тобто на наступних етапах, вимоги до точності розкладання насіння наближаються до виробничих. Але і при цьому глибина висіву і розташування насіння в рядках, розподілення його на площі ділянок, що порівнюються, повинні задовольняти вимогам адекватності. Посівні машини в однакових умовах забезпечують і однакову якість розміщення насіння, але в селекції повністю виключається можливість використання виробничих машин, особливо на ранніх етапах і в первинному насінництві [151]. Збереження цілісності насіння, здатність висіву невеликих зразків (10-100 насінин) до останнього зерна на певну довжину рядка чи з дотриманням заданої пометрової норми висіву, надійність і легкість очищення висівних апаратів від залишків насіння, повне виключення змішування зразків – це неповний перелік додаткових вимог. А також, якщо врахувати, що розміри, вага, форма і властивості поверхні численних зразків насіння навіть однієї культури варіюють в широкому діапазоні, стають очевидними труднощі, що виникають при створенні надійної, простої і достатньо дешевої селекційної посівної машини.

Організаційно-технічні системи є динамічними і мають властивості адаптивності, стабільності, сумісності, а також, в певній мірі, властивість оптимізації, що проявляється в пристосуванні до середовища. В силу діючих обмежень таких систем має місце тенденція до посилення оптимізації, що проявляється в необхідності оптимізації структури, функцій, мінімізації затрат на розвиток, в зростанні ефективності систем і т. ін. [171, 178].

При створенні системи селекційно-насінницьких посівів враховані структурні і функціональні аспекти. Насамперед, вона була представлена, як дослідницька модель. Для досліджень системи брали показники, що вимірюються і порівнюються між собою так, щоб з'явилась можливість порівнювати між собою різні варіанти стратегій (способів досягнення поставленої мети). Серед найбільш важливих показників, що вирішувались

методами системного аналізу: дослідження ефективності нових способів приводу висівного апарату; розробка висівних робочих органів; аналіз за показниками ефективності взаємодії робочих органів з новими конструктивними рішеннями із ґрунтом за різними технологіями (тягового опору, норми висіву, глибини висіву та ін.).

Структурна схема взаємозв'язків основних складових елементів в системі процесу селекційно-насінницької сівби побудована на основних ідеях методології системного аналізу [171], представлена на рис. 2.1. Фізичні властивості насіння сільськогосподарської культури і стадія дослідження (селекція чи первинне насінництво) є визначальними для організаційно-технічної системи. Зв'язки елементів можуть бути односторонніми і двосторонніми, тобто прямими і зворотними, коли елементи впливають один на одного. Систему посівів на селекційно-насінницьких ділянках доцільно представити у вигляді підсистем: «сівалка» і «дослідне поле». Складовими елементами підсистеми «сівалка» є забезпечення умов для виконання вимог, насамперед, агротехнічних, експлуатаційних, пов'язаних з типом сівалок для сівби насіння без проміжок і з проміжками, висівним апаратом автономного і центрального розподілення насіння, характером його приводу і конструктивними особливостями висівного робочого органу. Головними елементами підсистеми «дослідне поле» є прийнятий в селекційно-насінницькій практиці регламентований типаж ділянок для виконання посівів без проміжків і з проміжками, процесу селекційно-насінницької роботи з шириною ділянок, шириною міжрядь, міжпосівних і міжділяночних доріжок, шириною колії, ділянки зі змінними фізико-механічними властивостями ґрунту.

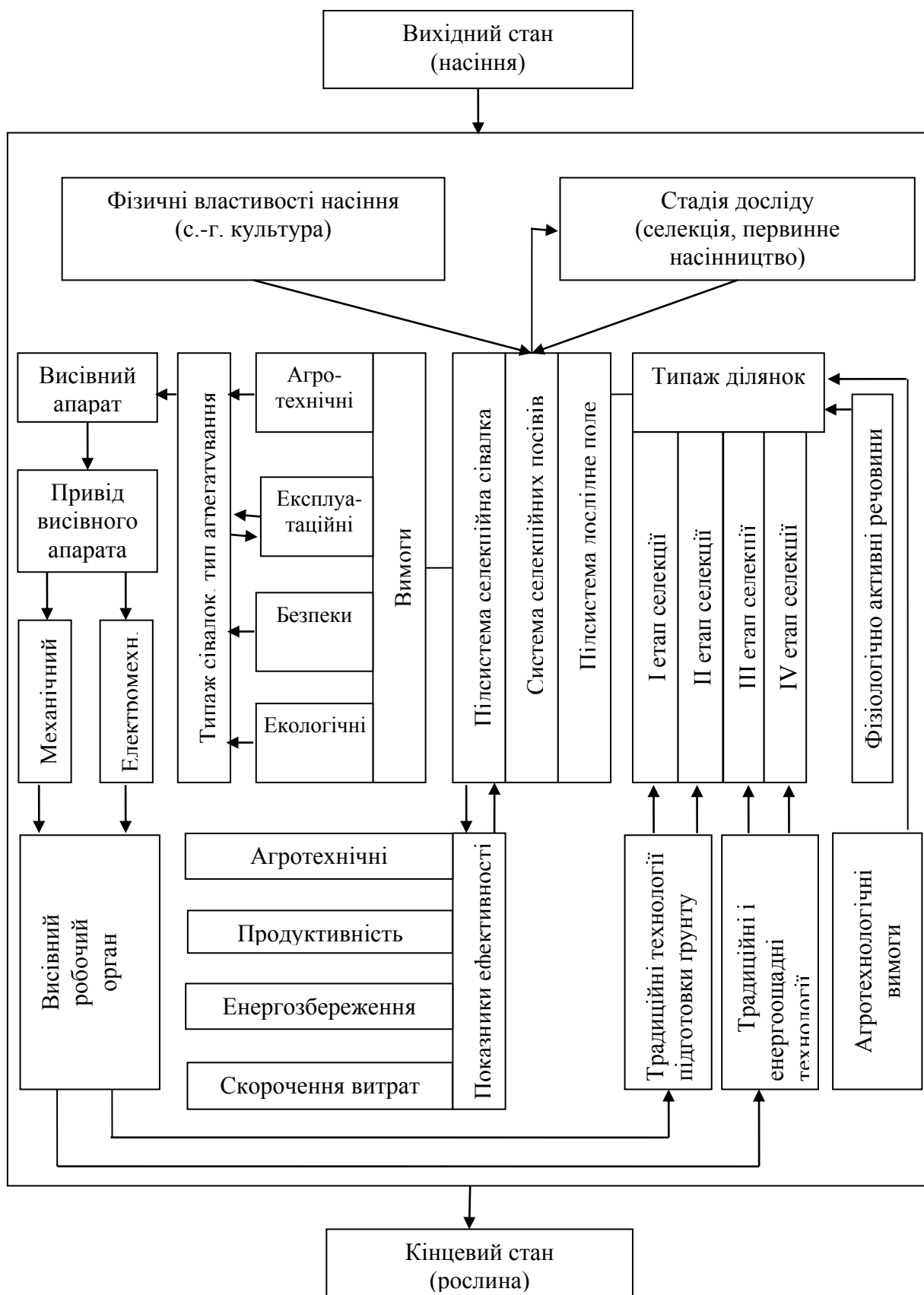


Рис. 2.1 Структурна схема системного процесу селекційно-насінницької сівби

Враховане застосування фізіологічно активних речовин – регуляторів росту: фітогормонів, гербіцидів, ретардантів, дефоліантів, десикантів, регуляторів дозрівання та спокою рослин і насіння та активаторів (стимуляторів росту).

Процес рядового висіву насіння в селекції сільськогосподарських культур характеризується великою кількістю змінних параметрів і проходить нестабільно через зміну рівномірності глибини висіву насіння, фізико-механічних властивостей ґрунту, обмежень механічного регулювання висівного апарату та інших факторів. Тому застосування системи автоматичного керування висівом насіння, забезпечення сталості глибини висіву з використанням енергозберігаючих факторів може підвищити його ефективність. Основними показниками, що характеризують ефективність системи процесів селекційно-насінницьких посівів сільськогосподарських культур є агротехнічні показники якості, продуктивність, енергозбереження, скорочення витрат.

Для вивчення властивостей окремих елементів параметрів і умов сівби, систему можна вважати розімкнутою. Таким чином, можна розглянути властивості елемента шляхом встановлення залежності між параметрами на вході і вихідними параметрами. Розглянемо модель функціонування сівалки у вигляді однієї підсистеми рис. 2.2.

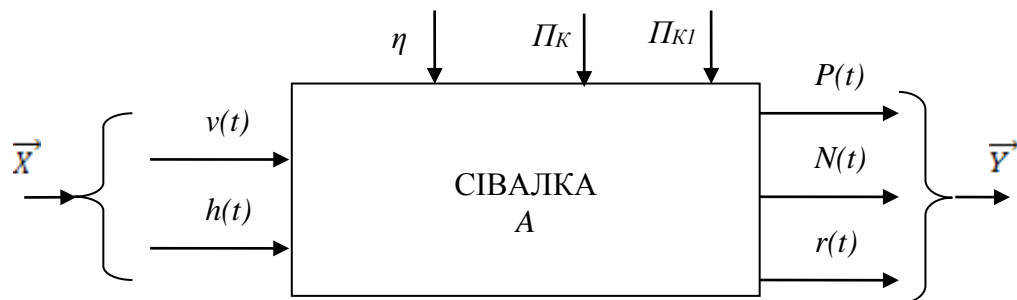


Рис. 2.2. Модель функціонування сівалки у вигляді однієї підсистеми:

A – оператор перетворення, \vec{X} – вектор-функція умов роботи сівалки,
 \vec{Y} – вектор-функція показників роботи сівалки

На вході моделі діє вектор-функція \vec{X} режимів роботи сівалки, складовими якої є швидкість руху $v(t)$, і глибина висіву насіння $h(t)$. Вихідні параметри представлені вектором-функцією \vec{Y} показників роботи сівалки: тяговий опір $P(t)$, норма висіву $N(t)$, польова схожість насіння $r(t)$. Враховані передаточне відношення приводу висівного апарату η , конструктивно-технологічні $П_K$ і кінематичні параметри $П_{K1}$ сівалки. Для оцінки якості роботи сівалки схема її моделі доповнена вектором $\vec{Y}=\{P, N, r\}$, який регламентує роботу машини. Для знаходження причинно-наслідкових зв'язків сівалка розглянута як підсистема, найбільш важливими елементами якої, в аспекті проблем, що розглядаються, є привід висівного апарату, висівний апарат і висівний робочий орган. У відповідності з технологічним процесом висіву насіння ці елементи взаємодіють послідовно, а варіанти функціонування кожного з них зображені паралельно.

Для більш детального аналізу в роботі розглянуто модель функціонування сівалки, представлену у вигляді трьох підсистем, кожна з яких має по одному виходу $P(t)$, $N(t)$, $r(t)$ і два входи $v(t)$, $h(t)$ показану на рис. 2.3.

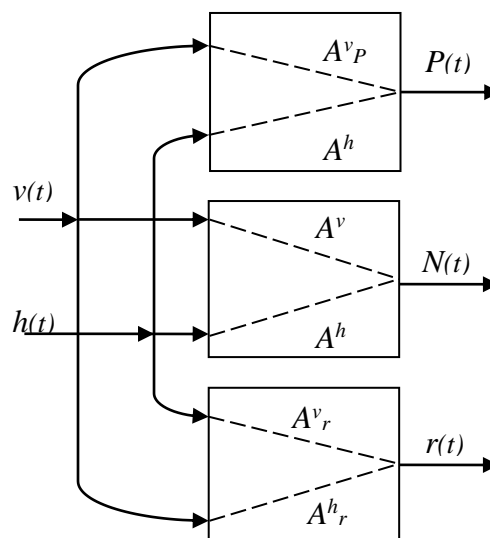


Рис. 2.3. Модель функціонування сівалки у вигляді трьох підсистем

В технологічній моделі функціонування системи селекційно-насіницьких посівів показники якості селекційних робіт на всіх етапах

селекції тісно пов'язані з ймовірністю знаходження в допустимих межах умов роботи і технологічних режимів роботи сівалки.

Розроблена модель функціонування системи селекційно-насіницьких посівів створює передумови визначення технологічних допусків якості роботи сівалки в умовах її нормального функціонування.

Оператор системи визначає установку, при якій кожній реалізації вхідного сигналу однозначно чи взаємоднозначно відповідає реалізація вихідного сигналу. Для моделі функціонування сівалки з трьома підсистемами при такому визначенні оператора можна записати наступні співвідношення:

$$\begin{aligned} P(t) &= A_P^v [v(t) + A_P^h h(t)]; \\ N(t) &= A_N^v [v(t) + A_N^h h(t)]; \\ r(t) &= A_r^v [v(t) + A_r^h h(t)]. \end{aligned} \quad (2.1)$$

Для ідентифікації статистичних моделей використовується регресійний аналіз. Представимо багатовимірну модель сівалки у вигляді одновимірних моделей, використовуючи при цьому принцип суперпозиції. Оператор A можна представити при цьому сукупністю часткових операторів для випадку, коли на «вході» два змінних $v(t)$ і $h(t)$, а на «виході» три – відповідно $P(t)$, $N(t)$, $r(t)$:

$$A = \{A^{(1)}, A^{(2)}, A^{(3)}, A^{(4)}, A^{(5)}, A^{(6)}\}.. \quad (2.2)$$

Таким чином, багатовимірну регресійну модель технологічного процесу роботи сівалки з трьома вхідними і вихідними змінними можна представити у вигляді системи рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} m_{P/v} &= a_{vP} + b_{vP} \cdot v \\ m_{N/v} &= a_{vN} + b_{vN} \cdot v \\ m_{r/v} &= a_{vR} + b_{vR} \cdot v \\ m_{P/h} &= a_{hP} + b_{hP} \cdot h \\ m_{N/h} &= a_{hN} + b_{hN} \cdot h \\ m_{r/h} &= a_{hR} + b_{hR} \cdot h \end{aligned} \right\} \quad (2.3)$$

де $m_{P/v}$, $m_{N/v}$, $m_{r/v}$, $m_{P/h}$, $m_{N/h}$, $m_{r/h}$ – залежності умовних математичних

очікувань реалізації випадкового вхідного процесу від значень реалізації

випадкового вихідного процесу;

$a_{vP}, a_{vN}, a_{hP}, a_{hN}, a_{hr}, b_{vP}, b_{vN}, b_{hP}, b_{hN}, b_{hr}$ – відповідні коефіцієнти лінійної регресії математичної моделі.

Коефіцієнти регресійних рівнянь визначаються експериментальним шляхом з математичною обробкою на ПК. Отриману регресійну модель можна використовувати для оптимізації конструктивних параметрів селекційних сівалок і технологічних параметрів процесу висіву селекційного насіння [62].

2.2 Моделі конструкції дводисково-анкерного сошника для зернових і зернобобових культур і перевірка їх на адекватність

2.2.1 Обґрунтування конструкції дводисково-анкерного сошника для зернових і зернобобових культур

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в конструкції сошника додатково встановлені, з можливістю обертання кутом вперед по ходу руху сошника два плоских диски і розташований між ними корпус сошника, а між дисками за допомогою шарнірної підвіски і пружини до його корпусу прикріплений кілеподібний ущільнювач, який вміщує розтруб і наральник, виконаний з виступами і заглибленнями, що розташовані почергово..

Установка кулеподібного ущільнювача сошника між дисками шляхом кріплення його до корпусу за допомогою шарнірної підвіски і пружини дозволяє наральнику ущільнювача сошника рухатись по підготовленій борозні, попередньо відкритій дисками, ущільнюючи дно насінневої борозни, при цьому насіння не контактує з поверхнями дисків, що обертаються, що виключає винос насіння з ґрунтом у верхню частину борозни, підвищуючи стабільність глибини загорання насіння [251].

Для обґрунтування параметрів конструкції дводискового анкерного сошника схема його схема наведена на рис. 2.4 [56].

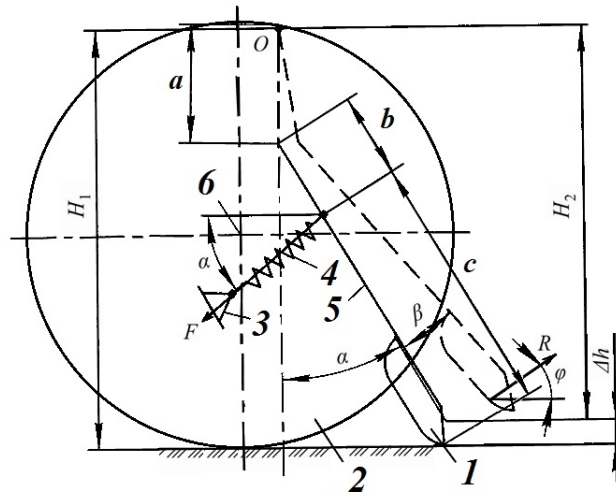


Рис. 2.4. Схема дводискового анкерного сошника:

1 – наральник; 2 – диск; 3 – упор; 4 – пружина; 5 – сошник; 6 – вісь

За допомогою шарнірної підвіски і пружини 4 до корпусу прикріплена кілеподібний ущільнювач сошника 5 з наральником 1. При русі сошника диски 2, обертаючись на осях 6, відкривають насінневу борозну. Шарнірно підвішений в точці O до корпусу ущільнювач сошника 5 пружиною 4 притискається нижньою частиною наральника 1 до дну борозни і ущільнює її. Кут установки сошника відносно дна насінневої борозни залежить від місця його установки на сівалці і задається упором 3. Насіння, падаючи з висівного апарату сівалки, приймаються розтрубом (не показаний) ущільнювача сошника і направляються по ньому рівномірно розподіляючись на дні насінневої борозни. Пружинні загортачі (не наведені), рухаючись позаду сошника, відігнутими кінцями зміщують ґрунт і закривають борозну з насінням.

Для забезпечення стабільності глибини висіву насіння (мінімізації Δh) необхідно знати жорсткість пружини, величину якої визначають наступні фактори: a, b, c – розміри сошника; β – кут відхилення ущільнювача сошника від дії сили опору ґрунту R ; H_1 – відстань від шарніру кріплення анкера до

дна борозни при $\beta=0$; H_2 – відстань від шарніру до зони висіву при $\beta=\beta_{\max}$;
 φ – кут дії сили R ; F – сила пружності пружини.

Враховуючи опис зрівноваженої системи, запишемо рівняння рівноваги як рівність нулю суми моментів діючих сил відносно точки O при максимальному відхиленні глибини висіву:

$$-F \cos \alpha [a + b \cos(\alpha + \beta)] + R \sin \varphi [a + (b + c) \sin(\alpha + \beta)] + R \cos \varphi [a + (b + c) \cos(\alpha + \beta)] = 0, \quad (2.4)$$

звідки знаходимо силу F .

При невеликому куті β розтяг пружини дорівнює:

$$\Delta x = a \sin \beta, \quad (2.5)$$

тоді жорсткість пружини становить:

$$c = \frac{F}{\Delta x}. \quad (2.6)$$

Відхилення глибини загорання насіння:

$$\Delta h = H_1 - H_2. \quad (2.7)$$

Виходячи із схеми (рис. 2.4):

$$H_1 = a + (b + c) \cos \alpha; \quad (2.8)$$

$$H_2 = [a + (b + c) \cos \alpha] \cos \beta, \quad (2.9)$$

з врахуванням (2.7) і (2.8) із (2.9) знаходимо:

$$\Delta h = a + (b + c) \cos \alpha - [a + (b + c) \cos \alpha] \cos \beta = a + (b + c) \cos \alpha - a \cos \beta - (b + c) \cos \alpha \cos \beta = a(1 - \cos \beta) + (b + c) \cos \alpha (1 - \cos \beta) \quad (2.10)$$

таким чином:

$$\Delta h = (1 - \cos \beta)[a + (b + c) \cos \alpha]. \quad (2.11)$$

Перетворенням рівняння (2.11) отримаємо

$$1 - \cos \beta = \frac{\Delta h}{a + (b + c) \cos \alpha}, \text{ тоді } \cos \beta = 1 - \frac{\Delta h}{a + (b + c) \cos \alpha}. \quad (2.12)$$

Виразимо в (2.5) $\sin \beta$ через $\cos \beta$ із (2.12) і отримаємо величину максимального розтягу пружини в залежності від геометричних параметрів сошника і величини агротехнічного допуску

$$\Delta x_{max} = a \sin \beta_{max} = a \sqrt{1 - (\cos \beta_{max})^2} = a \sqrt{1 - \left(1 - \frac{\Delta h}{a + (b+c) \cos \alpha}\right)^2}. \quad (2.13)$$

Таким чином, рівняння (2.13) з врахуванням (2.5) виражає залежність жорсткості пружини від вказаних на рис. 2.4 факторів.

2.2.2 Удосконалення конструкції дводисково-анкерного сошника

В основу модернізації сошника поставлено завдання поліпшення конструкції комбінованого дводискового сошника, що забезпечений кілеподібною частиною, шарнірно прикріпленою між дисками до корпусу сошника, що забезпечує підвищення рівномірності глибини закладення насіння шляхом виключення підйому нижньої частини наральника на висоту, що перевищує величину агротехнологічного допуску. Поставлене завдання вирішується за рахунок того, що в конструкції сошника, що вміщує встановлені, з можливістю обертання кутом вперед по ходу руху сошника, два плоских диски і розташований між ними корпус сошника, а між дисками за допомогою шарнірної підвіски і пружини до його корпусу прикріплена кілеподібна частина, яка вміщує розтруб і наральник. Установка кілеподібного ущільнювача сошника між дисками шляхом кріплення його до корпусу за допомогою шарнірної підвіски і пружини дозволяє наральник кілеподібної частини сошника рухатися по підготовленій борозні, попередньо відкритої дисками, ущільнюючи дно насінневої борозни, при цьому насіння не контактують з обертовими поверхнями дисків, що виключає винесення насіння з ґрунтом у верхню частину борозни, підвищуючи стабільність глибини і загортання насіння [252].

Для забезпечення стабільності глибини висіву насіння, визначення параметрів комбінованого дводисково-анкерного сошника для математичного опису його руху в ґрунті необхідно проаналізувати схему сил, які діють на нього під час руху, без врахування сил інерції. Розглянемо

конструкцію нового сошника, як зрівноважену систему, і відповідну еквівалентну схему, що наведена на рис. 2.5.

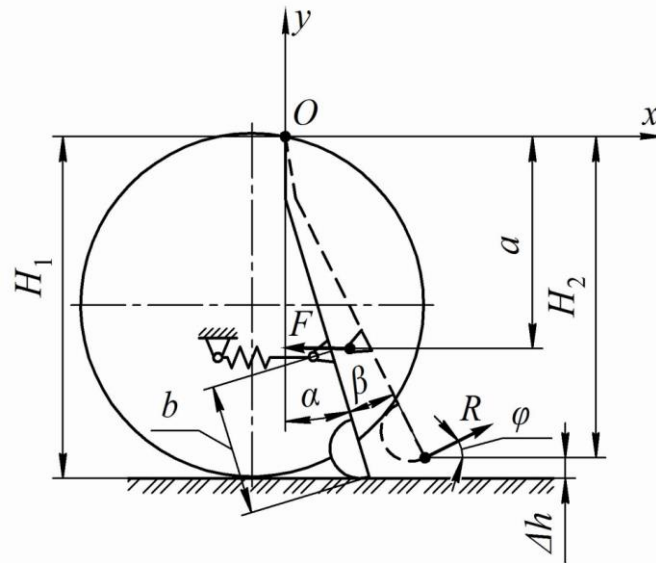


Рис. 2.5. Схема для розрахунку параметрів комбінованого дводисково-анкерного сошника

Покажемо на схемі (рис. 2.5) основні конструктивні розміри та силові параметри елементів комбінованого сошника, який рухається у ґрунті на певній глибині: H_1 – відстань від осі шарнірної підвіски до дна насінневої борозни у вихідному стані; H_2 – відстань при максимальному відхиленні кілеподібного сошника; a , b – конструктивні параметри сошника; α – початковий кут відхилення кілеподібного ущільнювача сошника від вертикалі; β – кут відхилення ущільнювача сошника й відповідно руху насіння при висіві; R – сила опору ґрунту; φ – кут відхилення напрямку сили опору ґрунту від горизонталі; Δh – зміна глибини висіву насіння; F – сила пружності пружини.

При цьому відстань від осі шарнірної підвіски до дна насінневої борозни H_1 вибрана із співвідношення:

$$H_1(1 - \cos \beta_{\max}) = \Delta h < \Delta_{agr}. \quad (2.14)$$

де β_{\max} – максимальний кут відхилення кілеподібного ущільнювача сошника

від осі шарнірної підвіски; Δ_{agr} – величина агротехнічного допуску на величину закладки насіння у ґрунті.

Запишемо далі рівняння рівноваги при максимальному відхиленні висіву як рівність нулю моментів сил, що діють на систему, відносно точки O шарнірної підвіски (рис. 2.5):

$$\begin{aligned} -F a \cos \beta + R \sin \varphi [a \sin \beta + b \sin (\alpha + \beta)] + \\ + R \cos \varphi [a \cos \beta + b \cos (\alpha + \beta)] = 0. \end{aligned} \quad (2.15)$$

З рівняння рівноваги (2.15) отримаємо вираз для знаходження сили пружності пружини:

$$F = \frac{R \left\{ \sin \varphi [a \sin \beta + b \sin (\alpha + \beta)] + \cos \varphi [a \cos \beta + b \cos (\alpha + \beta)] \right\}}{a \cos \beta}. \quad (2.16)$$

При невеликому куті повороту β величину розтягу пружини можна прийняти рівною:

$$\Delta x = a \sin \beta. \quad (2.17)$$

Далі знайдемо зв'язок між величиною розтягу пружини Δx і відхиленням Δh глибини ходу у ґрунті кілеподібного ущільнювача комбінованого сошника.

Якщо вважати, що:

$$\Delta h = H_1 - H_2. \quad (2.18)$$

і виходячи з того, що

$$H_1 = a + b \cos \alpha, \quad (2.19)$$

а

$$H_2 = a + b \cos (\alpha + \beta), \quad (2.20)$$

то відхилення Δh глибини ходу буде дорівнювати:

$$\Delta h = b \cos \alpha - b \cos(\alpha + \beta). \quad (2.21)$$

З виразу (2.21) знаходимо:

$$\cos(\alpha + \beta) = \cos \alpha - \frac{\Delta h}{b}. \quad (2.22)$$

Тоді з виразу (2.22) отримуємо:

$$\alpha + \beta = \arccos\left(\cos \alpha - \frac{\Delta h}{b}\right). \quad (2.23)$$

І, нарешті, з виразу (2.23) знаходимо кут β відхилення кілеподібного ущільнювача:

$$\beta = \arccos\left(\cos \alpha - \frac{\Delta h}{b}\right) - \alpha. \quad (2.24)$$

Підставляючи в формулу (2.24) значення $\Delta h = \Delta_{agr}$ допустимого відхилення глибини висіву насіння з врахуванням агротехнічного допуску, а також значення параметрів b та α , отримуємо значення максимального допустимого кута відхилення β_{max} :

$$\beta_{max} = \arccos\left(\cos \alpha - \frac{\Delta_{agr}}{b}\right) - \alpha. \quad (2.25)$$

Підставивши вираз (2.25) у вираз (2.17), отримаємо величину максимального розтягу пружини:

$$\Delta x_{max} = a \cdot \sin \beta_{max}, \quad (2.26)$$

або:

$$\Delta x_{max} = a \cdot \sin\left[\arccos\left(\cos \alpha - \frac{\Delta_{agr}}{b}\right) - \alpha\right]. \quad (2.27)$$

Враховуючи вирази (2.16) та (2.27), можна розрахувати жорсткість k пружини, при якій величина відхилення буде знаходитись у межах агротехнічного допуску:

$$k = \frac{F}{\Delta x_{\max}} = \frac{F}{a \cdot \sin \left[\arccos \left(\cos \alpha - \frac{\Delta_{agr}}{b} \right) - \alpha \right]}, \quad (2.28)$$

або, враховуючи вираз (2.16):

$$k = \frac{\left\{ \sin \varphi [a \sin \beta + b \sin (\alpha + \beta)] + \cos \varphi [a \cos \beta + b \cos (\alpha + \beta)] \right\} R}{a^2 \cos \beta \cdot \sin \left[\arccos \left(\cos \alpha - \frac{\Delta_{agr}}{b} \right) - \alpha \right]}. \quad (2.29)$$

Результати розрахунків на ПК, згідно з розробленою програмою в середовищі MathCAD, за виразом (2.29) свідчать, що при геометричних параметрах сошника $a = 120$ мм, $b = 220$ мм, $\alpha = 15^\circ$, $\beta = 10^\circ$ максимальний розтяг пружини повинний складати $\Delta x_{\max} = 14$ мм.

За даними розрахунків, проведених на ПК, також побудований графік залежності жорсткості k пружини від реакції R опору ґрунту (рис. 2.6).

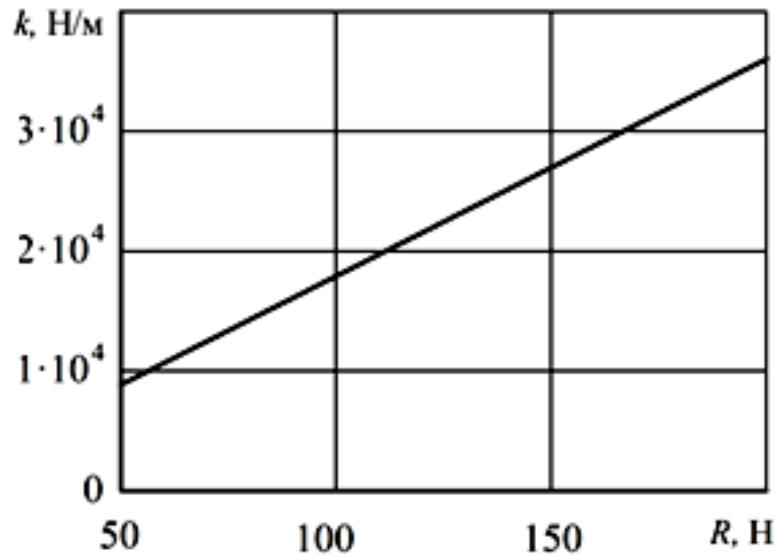


Рис. 2.6. Залежність жорсткості k пружини від реакції R опору ґрунту

Як бачимо з даних цього графіку, вказана залежність має лінійний характер. З графіка (рис. 2.6) також видно, що для подолання сили опору R ґрунту, що знаходиться в діапазоні 50...200 Н, при куті тертя $\varphi = 45^\circ$ ґрунту по

наральнику кілеподібного сошника жорсткість k пружини повинна бути у межах $9,04 \cdot 10^3 \dots 3,60 \cdot 10^4$ Н/м [21, 219, 223].

2.3. Обґрунтування конструкції сошника культиваторного типу для смугового висіву насіння і перевірка її моделі на адекватність

Розглянемо сошник культиваторного типу для смугового висіву насіння.

В робочому процесі сошника культиваторного типу для розкидного висіву насіння з роликом-розсіювачем [42, 257] можна умовно виділити три фази. До першої фази відноситься початковий контакт насінин з поверхнею ролика-розсіювача, до другої – частина процесу, коли насінини знаходяться на робочій поверхні ролика-розсіювача, до третьої – частина процесу, коли насінини, отримавши прискорення, залишають ролик-розсіювач і здійснюють вільний політ до дотику з поверхнею ґрунту.

Можливі траєкторії руху насінин при розкиданні роликом-розсіювачем показані на рис. 2.7.

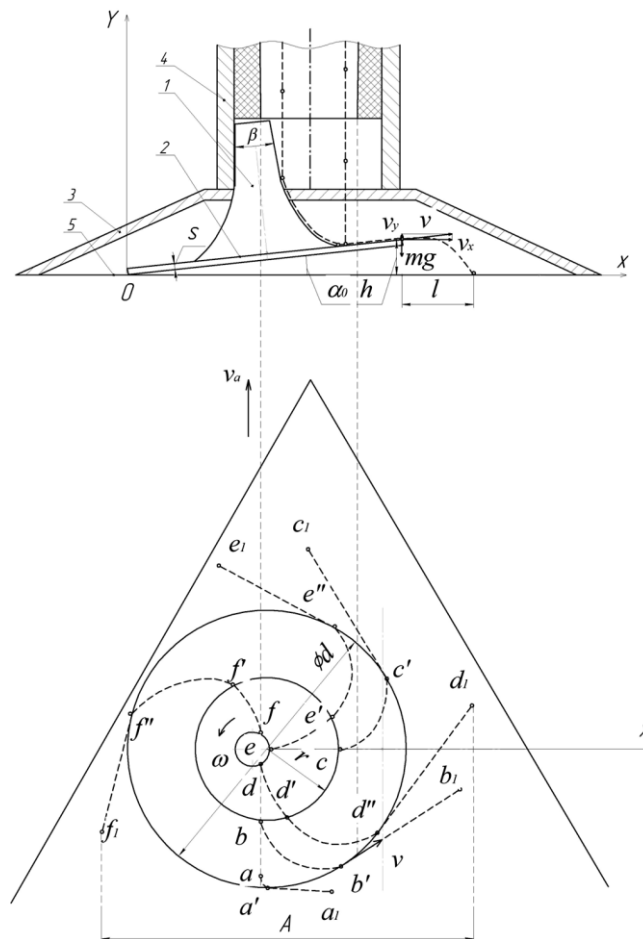


Рис. 2.7. Схема розсіву насінин роликом-розсіювачем

Розглянемо характерні випадки руху насінин.

1. Насінина падає одразу на поверхню диска 2 ролика-розсіювача. В цьому випадку можливі траєкторії руху насінини (рис. 2.7): $a-a'-a_1$, $b-b'-b_1$, $c-c'-c_1$.

2. Насінина падає на конічну поверхню 1 ролика-розсіювача, ковзає по ній на диск 2, рухається по ньому до краю, та після сходу з диска 2 вільно падає на поверхню 5 насінневого ложа в підлаповому просторі. Можливі траєкторії руху насінини в цьому випадку (рис. 2.6): $d-d'-d''-d_1$, $e-e'-e''-e_1$, $f-f'-f''-f_1$.

Як видно з рис. 2.7, насінини розподіляються по всій ширині A зони розсіву. Ширина A визначається крайніми точками падіння насінин d_1 та f_1 , розташування яких залежить від дальності польоту l насінин в підлаповому просторі.

Для визначення дальності польоту l насінин складемо рівняння руху в проекціях на осі координат (рис. 2.7):

$$x(t) = vt \cos \alpha; \quad (2.30)$$

$$y(t) = vt \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}. \quad (2.31)$$

Виключивши час t з рівнянь (2.30) та (2.31), отримаємо рівняння траєкторії руху насінини:

$$y = xt \operatorname{tg} \alpha - \frac{g}{2v \cos^2 \alpha} x^2. \quad (2.32)$$

Підставляючи $y=-h$, $x=l$ в рівняння траєкторії (2.32), отримаємо рівняння для дальності польоту l насінини:

$$l^2 \frac{g}{2v^2 \cos^2 \alpha} - l \operatorname{tg} \alpha - h = 0. \quad (2.33)$$

Вирішивши квадратичне відносно l рівняння (2.33), отримаємо вираз для дальності польоту насінини:

$$l = \frac{v^2}{2g} \sin 2\alpha \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2gh}{v^2 \sin^2 \alpha}} \right). \quad (2.34)$$

Максимальна висота сходу насінини з диска ролика-розсіювача, згідно з рис. 2.7, визначається за виразом:

$$h_{\max} = d \sin \alpha_0 + s, \quad (2.35)$$

де d – діаметр диска; α_0 – кут нахилу ролика-розсіювача; s – товщина диска.

Для визначення швидкості сходу насінин з диска розглянемо схему руху насінини по поверхні ролика-розсіювача (рис. 2.8).

На насінину m , що знаходиться на робочій поверхні конусу ролика-розсіювача, діє сила P ваги насінини, нормальна реакція N , нормальна сила інерції F_{ie} , Кориолісова сила інерції F_K , сила тертя ковзання F_{TR} , відцентрова сила інерції F_{up} , обумовлена радіусом кривизни. Напрямки дії вказаних сил на насінину m , що знаходиться на робочій поверхні конусу, показані на рис. 2.8.

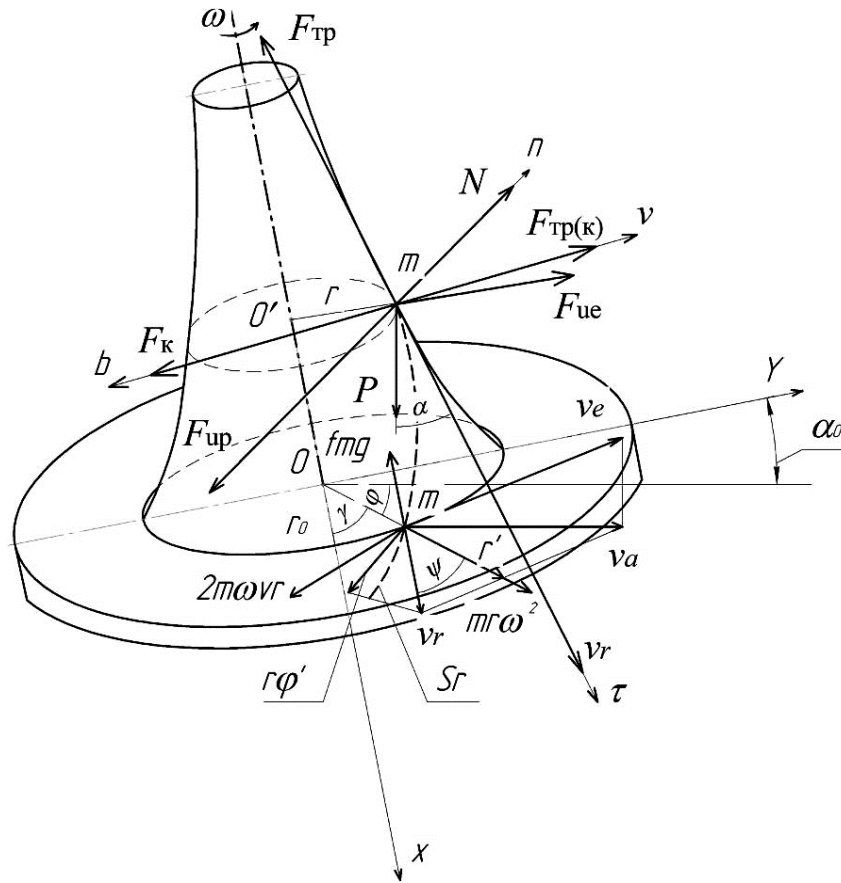


Рис. 2.8. Схема руху насінини по поверхні ролика-розсіювача

Абсолютна швидкість руху насінини являє собою геометричну суму переносної швидкості та відносної швидкості (рис. 2.8). Якщо кутове переміщення насінини позначити θ , то абсолютну швидкість v_a можна визначити за допомогою двох незалежних координат r та θ за відомим рівнянням П.М.Василенко [22]:

$$v_a^2 = \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + r^2 \left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2. \quad (2.36)$$

Запишемо вираз для кінетичної енергії насінини:

$$T = \frac{mv_a^2}{2} = \frac{m}{2} \left[\left(\frac{dr}{dt}\right)^2 + r^2 \left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 \right]. \quad (2.37)$$

Складемо диференціальні рівняння руху частинки на основі рівнянь Лагранжа другого роду:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial r'} \right) - \frac{\partial T}{\partial r} &= Q_r; \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \theta'} \right) - \frac{\partial T}{\partial \theta} &= Q_\theta. \end{aligned} \quad (2.38)$$

Після необхідних перетворень, вважаючи обертання диска рівномірним, отримаємо рівняння руху насінини [22]:

$$\begin{aligned} m[r'' - r(\omega - \varphi')^2] &= Q_r; \\ mr[2r'(\omega - \varphi') - r\varphi''] &= Q_\theta. \end{aligned} \quad (2.39)$$

де Q_r та Q_θ – узагальнені сили.

Узагальнені сили Q_r та Q_θ визначимо методом можливих переміщень:

$$\begin{aligned} Q_r \delta r &= (-fmg \cos \alpha_0 \cos \psi) \delta r; \\ Q_\theta \delta \theta &= (fmg \cos \alpha_0 \sin \psi) r \delta \theta. \end{aligned} \quad (2.40)$$

Тоді рівняння руху (2.33) представимо у наступній формі [22]:

$$r'' - r(\omega - \varphi')^2 = -fg \cos \alpha_0 \frac{r'}{\sqrt{r'^2 + r^2 \varphi'^2}}; \quad (2.41)$$

$$r\varphi'' - 2r'(\omega - \varphi') = -fg \cos \alpha_0 \frac{r\varphi'}{\sqrt{r'^2 + r^2 \varphi'^2}}. \quad (2.42)$$

Помноживши рівняння (2.41) на r' , а (2.42) на $r\varphi'$ і склавши їх почленно, отримаємо [22]:

$$r'r - rr'\omega^2 + rr'\varphi'^2 + r^2\varphi'\varphi'' = -fg \cos \alpha_0 \sqrt{r'^2 + r^2 \varphi'^2} \quad (2.43)$$

або

$$\frac{d}{dt}(r'^2 - \omega^2 r^2) + \frac{d}{dt}(r^2 \varphi'^2) = -2fg v_r \cos \alpha_0. \quad (2.44)$$

Якщо прийняти, що

$$\frac{r\varphi'}{r'} = \operatorname{tg} \psi = \frac{1}{a} = \text{const}, \quad (2.45)$$

то при початкових умовах $r=r_0$, $s_r=0$, $v_r=r\omega$, з урахуванням того, що $v_r dt = ds_r$, після інтегрування та відповідних перетворень отримаємо [22]:

$$v_r^2 = (r^2 - r_0^2)\omega^2 + v_0^2 - 2fg \cos \alpha_0 \frac{\sqrt{1+a^2}}{a} (r - r_0). \quad (2.46)$$

При вертикальному падінні насінини на диск

$$v_0^2 = r_0^2 \omega^2. \quad (2.47)$$

Тоді:

$$v_r = \sqrt{r^2 \omega^2 - \frac{2fg \cos \alpha_0 \sqrt{1+a^2}}{a} (r - r_0)}. \quad (2.48)$$

Дальність польоту насінин, що сходять з диска, залежить від абсолютної їх швидкості у момент відриву від диска. При значній кутовій швидкості диска вектор цієї швидкості буде приблизно перпендикулярний радіусу диска. Тому для визначення початкової швидкості польоту насінин можна записати рівняння:

1) для випадку падіння насінини одразу на поверхню диска ролика-розсіювача:

$$v_a \approx v_\tau - v_r = r\omega - \sqrt{r^2 \omega^2 - \frac{2fg \cos \alpha_0 \sqrt{1+a^2}}{a} (r - r_0)}. \quad (2.49)$$

2) для випадку падіння насінини на конічну поверхню ролика-розсіювача диска ролика-розсіювача

$$v_a \approx v_\tau - v_r = r\omega - \sqrt{r^2 \omega^2 + v_0^2 - \frac{2fg \cos \alpha_0 \sqrt{1+a^2}}{a} (r - r_0)}. \quad (2.50)$$

Якщо знехтувати ковзанням диска по поверхні ґрунту, можна вважати, що колова швидкість диска дорівнює швидкості руху v_{agr} посівного агрегату. Тоді кутову швидкість ролика-розсіювача можна розрахувати за виразом:

$$\omega = \frac{2v_{agr}}{d}, \quad (2.51)$$

де d – діаметр диска ролика-розсіювача.

Враховуючи закономірності руху сипких матеріалів по опірній поверхні, якщо в першій фазі робочого процесу насінини пустити вздовж конічної поверхні, то це забезпечить більш рівномірний розподіл насінин роликом-розсіювачем. Потік насінневого матеріалу, що поступає на вершину конусу ролика-розсіювача, розподіляється рівномірно і рухається вниз по

конусній частині. Конічна частина робочої поверхні не тільки забезпечує рух насіння без удару, але і відрив від різних точок поверхні, оскільки радіус робочої поверхні до її основи збільшується. Відрив насіння від робочої поверхні може пройти лише тоді, коли проекція діючих на частинку сил на нормаль N буде рівна нулю.

Диференціальне рівняння руху насіння, що рухається по поверхні конусу, при одночасному обертальному русі, напишемо у вигляді:

$$N + \frac{P}{g} \omega_e^2 y \frac{dx}{ds} - P \frac{dy}{ds} = 0, \quad (2.52)$$

де P – сила ваги частинки, H ; g – прискорення сили тяжіння, м/с²; ω_e – кутова швидкість обертання, с⁻¹; x, y – поточні координати обертання, мм;

$$\frac{dx}{ds} = \cos \alpha; \quad \frac{dy}{ds} = \sin \alpha.$$

Вважаючи координату x незалежною змінною і, беручи до уваги, що в момент відриву насіння від поверхні конусу ролика-розсіювача нормальна реакція $N = 0$, із рівняння (2.52) встановимо залежність $y = f(x)$:

$$\frac{P}{g} \omega_e^2 y \frac{dx}{ds} = P \frac{dy}{ds} \quad (2.53)$$

Звідки

$$\frac{dy}{y} = \frac{\omega_e^2 y}{g} dx. \quad (2.54)$$

Інтегруючи рівняння (2.54), отримаємо:

$$\int_{R_0}^y \frac{dy}{y} = \frac{\omega_e^2}{g} \int_0^x dx, \quad (2.55)$$

або

$$\ln|y| \Big|_{R_0}^y = \frac{\omega_e^2}{g} x \Big|_0^x. \quad (2.56)$$

Рівняння (2.56) можна представити у вигляді:

$$\ln|y| - \ln R_0 = \frac{\omega_e^2}{g} x. \quad (2.57)$$

При $R_0 = 1$, $\ln R_0 = 0$ отримаємо:

$$\ln|y| = \frac{\omega_e^2}{g} x. \quad (2.58)$$

Звідки $|y| = e^{\frac{\omega_e^2}{g} x}. \quad (2.59)$

Аналізуючи отримане рівняння (2.59), можна зробити висновок, що з метою забезпечення безперервного відриву насіння, робоча поверхня конусу ролика-розсіювача повинна бути створена логарифмічною кривою навкруги вертикальної осі. Конічна частина ролика-розсіювача дозволить виключити явище пружного вдару частинок об робочу поверхню в момент поступу на ролик-розсіювач і забезпечити напрямок руху їх вниз по твірній.

Для опису руху насінин по конічній поверхні ролика-розсіювача скористаємося диференціальним рівнянням відносного руху.

Відцентрова сила інерції:

$$F_{ue} = mV_e = \frac{P}{g} \omega_e^2 y. \quad (2.60)$$

де V_e – переносна швидкість руху насінин, м/с;

m – маса насінин, г.

Коріолісова сила інерції направлена перпендикулярно твірній і дотична до конічної поверхні ролика-розсіювача:

$$F_k = 2 \frac{P}{g} \omega_e V_r \sin(\bar{\omega}_e \wedge \bar{V}_r) \quad (2.61)$$

де V_r – відносна швидкість руху насінин, м/с.

Сила тертя ковзання від діючої нормальної реакції: $F_{tr} = fN$.

Сила тертя ковзання від дії сили інерції Коріоліса:

$$F_{тр(к)} = 2f \frac{P}{g} \omega_e V_r \sin(\bar{\omega}_e \wedge \bar{V}_r) \quad (2.62)$$

Відцентрова сила інерції, обумовлена радіусом кривизни робочої поверхні:

$$F_{up} = \frac{mV_r^2}{\rho} \quad (2.63)$$

де ρ – радіус кривизни робочої поверхні.

Для складання рівняння руху частинки по конічній поверхні виберемо дві системи координат. Одна з них XOY , нерозривно зв'язана з конусом, являється інерційною і розташована так, що вісь OX суміщена з віссю обертання робочого органу, а вісь OY проходить через початкове положення частинки на конусі. Неінерційна система координат представляє собою осі природного триєдру τ, n, b .

Враховуючи те, що в початковий момент руху частинки по робочій поверхні відносна швидкість невелика, то можна припустити, що відцентрова сила інерції від кривизни робочої поверхні незначна і при розрахунках не враховується. В цьому випадку диференціальне рівняння руху по робочій поверхні конусу ролика-розсіювача будуть мати наступний вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \frac{P}{g} \frac{dV_r}{dt} &= P \cos\alpha + F_{ue} \sin\alpha - F_{TP} \\ \frac{P}{g\rho} V_r^2 &= N + F_{ue} \cos\alpha - P \sin\alpha; F_K - F_{TP(K)} = 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.64)$$

Підставивши в рівняння (2.64) значення діючих на насінину сил і враховуючи, що відцентрова сила інерції від кривизни робочої поверхні незначна, і її значенням можна знехтувати, отримаємо:

$$\frac{P}{g} \frac{dV_r}{dt} = P \frac{dx}{ds} + P \omega_e^2 y \frac{dy}{ds} - fN. \quad (2.65)$$

Оскільки при відриві насінини від поверхні нормальна реакція $N = 0$, то рівняння (2.65) можна записати наступним чином:

$$\frac{P}{g} \frac{dV_r}{dt} = P \frac{dx}{ds} + \frac{P}{y} \omega_e^2 y \frac{dy}{ds}. \quad (2.66)$$

Скоротивши ліву і праву частини рівняння (2.66) на P/g , а також враховуючи, що відносна швидкість $v_r = ds/dt$, отримаємо:

$$V_r dV_r = g dx + \omega_e^2 y dy. \quad (2.67)$$

Рівняння (2.67) представляє собою диференціальне рівняння відносної швидкості руху частинки по конічній частині ролика-розсіювача. Проінтегрувавши рівняння (2.67), отримаємо:

$$\frac{V_r^2}{2} = gx + \omega_e^2 \frac{y^2}{2} + C, \quad (2.68)$$

де C – довільна постійна.

Насінина подаються на поверхню робочого органу з деякою швидкістю $V=V_{r0}$ і при $X=0$, $Y=1$, постійна C буде дорівнювати:

$$C = \frac{V_{r0}^2}{2} - \frac{\omega_e^2}{2}. \quad (2.69)$$

Тоді рівняння (2.69) прийме наступний вигляд:

$$V_r^2 = 2gx + \omega_e^2 y^2 + V_{r0}^2 - \omega_e^2, \quad (2.70)$$

звідки

$$V_r = \sqrt{2gx + \omega_e^2 y^2 + V_{r0}^2 - \omega_e^2}. \quad (2.71)$$

Рівняння (2.71) представляє собою залежність відносної швидкості руху частинок по конічній поверхні ролика розсіювача від режимів роботи і параметрів X і Y . Знаючи початок і кінець сходу частинок з конічної поверхні ролика розсіювача, а також швидкість сходу у визначених точках, можна визначити дальність польоту частинок з будь-якої твірної точки конусу.

Графіки дальності розсіву насінин роликом-розсіювачем в залежності від радіусу початкового потрапляння їх на ролик при швидкості поступового руху сівалки 2 м/с, побудовані за допомогою програми MathCAD за отриманими теоретичними залежностями (2.34), (2.35), (2.49), (2.50), (2.71), (2.64) приведені на рис. 2.9.

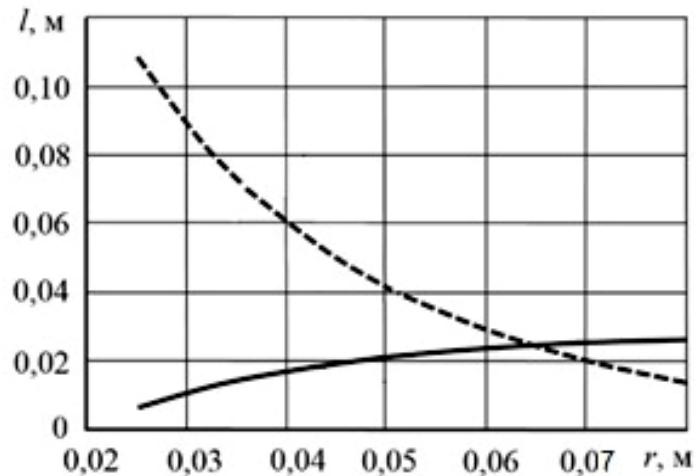


Рис. 2.9. Графіки залежності дальності розсіву насінин роликком-розсіювачем:

— при падінні насінини на диск ролика; - - - при падінні насінини на конус ролика

З графіків (рис. 2.9) видно, що дальність розсіву насінин роликком-розсіювачем, в залежності від радіуса початкового потрапляння їх на ролик, варіюється від 0,005 до 0,011 м, тобто насіння розсіюється по всій ширині зони A (рис. 2.7).

2.4 Обґрунтування конструкції сошникового вузла з зубчастим ножом - диском, що розрізає, і пристроєм для вібраційних автоколівань і перевірка її на адекватність

2.4.1 Обґрунтування параметрів зубчастого ножа-диску конструкції комбінованого сошникового вузла

Розробку конструкції селекційної сівалки з універсальними сошниковими вузлами з більш високими показниками висіву необхідно вирішувати з обґрунтуванням енергетичних характеристик робочих органів.

Визначення тягового опору комбінованого сошникового вузла в залежності від комплектації для його впровадження в виробництво буде проведено по вище наведеній методиці [34,51,52], а розрахункова оцінка основних силових характеристик при заглибленні зубчастого диска в ґрунт, у

відповідності до агротехнологічних вимог, виконана за наведеною схемою на рис. 2.10.

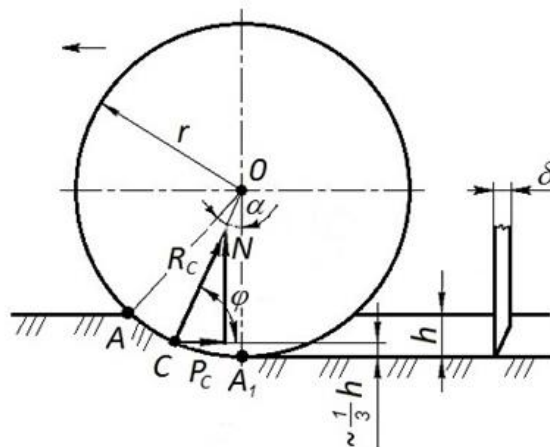


Рис. 2.10. Схема для визначення силових характеристик сошникового вузла

Згідно з рис. 2.10 отримаємо:

$$\overset{\sim}{AA}_1 = \Pi r \alpha / 180^\circ \quad (2.72)$$

$$\cos \alpha = 1 - h / r \quad (2.73)$$

$$N = R_c \sin \varphi \quad (2.74)$$

$$R_c = \sigma \delta \overset{\sim}{AA}_1 \quad (2.75)$$

$$\sin \varphi = 1 - h/3r \quad (2.76)$$

$$P_c = R_c \varphi \cos \varphi \quad (2.77)$$

де $\overset{\sim}{AA}_1$ – довжина дуги кола диска, навантаженої опором ґрунту; r – радіус диска; R_c – реакція ґрунту на входження диска; φ – кут відхилення реакції ґрунту; σ – питомий опір ґрунту; δ – товщина диска; h – максимальна глибина ходу; N – зусилля вдавлювання; P_c – тяговий опір.

Розташування точки C визначено з допущенням того, що опір заглибленню в міру входження диска у ґрунт змінюється за лінійним законом від 0 до максимального значення. Прийmemo максимальну глибину входження диска діаметром 0,35 м і товщиною 0,003 м в ґрунт рівною 0,08 м. Питомий опір сухих глинистих ґрунтів досягає значень 1,5...1,8 МПа. В

цьому випадку значення основних силових характеристик, розрахованих за формулами (2.72-2.77), наведених відповідно рис. 2.10, будуть в межах:

- реакція ґрунту $R_c = 796...956$ Н;
- зусилля вдавлювання $N = 675...810$ Н;
- тяговий опір $P_c = 422...506$ Н.

Розрахунки підтверджують, що рядова сівалка з сошниковими вузлами замість базових дводискових сошників не потребує спеціального енергетичного засобу для агрегування. Для підвищення ступеня уніфікації сівалок модельного ряду СЗ-3,6 створена конструкція сошникового вузла, яка забезпечує можливість використання сівалок як посівних машини при застосуванні технологій мінімальної і нульового обробітку ґрунту без зміни конструкції сівалки, а також підвищити якість технологічного процесу, експлуатаційну надійність в роботі агрегату [36, 253].

Застосування у ряду спеціальних сівалок в якості розрізаючих дисків – турбодисків, хвильових і рифлених [146, 150] для сіви за енергозберігаючими технологіями є більш енергоємними відносно застосування для цієї мети зубчастих дисків. При обробітку ґрунту сферичними дисками з сегментними вирізами по периферії знижуються їх енергетичні показники. Висота та форма зубців мають також важливе значення для роботи на ґрунтах з рослинними залишками. Крім того, при перекочуванні зубчастих дискових робочих органів виникають вібраційні автоколивання, які впливають на енергетичні показники і на очищення.

При взаємодії зубчастого диску з ґрунтом проходять процеси різання і кришення ґрунту, тому його поверхня повинна включати форми елементів, що виконують ці функції (рис. 2.11).

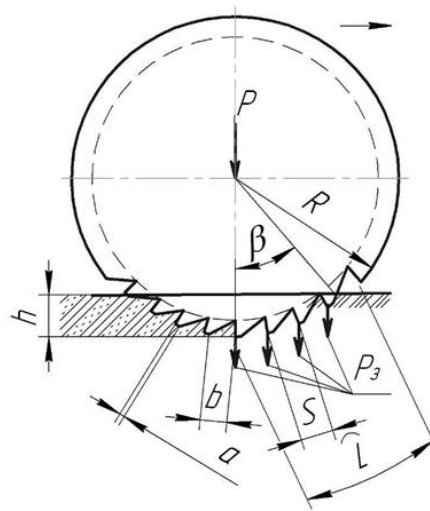


Рис. 2.11. Схема взаємодії зубчастого диска з ґрунтом

При цьому найбільш прийнятною картиною тиску бокової поверхні в вертикальній площині від вертикальної складової навантаження буде мінімальний тиск у різальній частини зубця зі збільшенням тиску у частини зубця, що здійснює кришення ґрунту. За таких умов, на підставі відомого рівняння контактної задачі з біоніки [9] бокова форма різально-кришильного елемента робочого органу визначається за наступним виразом:

$$f_{\delta}(x) = \frac{\nu G b \cos^2(\pi x / b)}{f_T}, \quad (2.78)$$

де ν – деформаційний показник ґрунту, $\text{м}^2/\text{Н}$; G – модуль зсуву ґрунту, $\text{Н}/\text{м}^2$; b – проекція бокової форми на вісь x ; f_T – коефіцієнт тертя ґрунту по лезу.

Зменшення загальної сили опору зубчастому різальному лезу порівняно з суцільним пояснюється тим, що під дією кожного зубця створюються концентрації напруг, що досягають величини межі міцності ґрунту. Для розрізання ґрунту зубчастим лезом мінімальний тиск на кожному зубці повинний перевищувати межу міцності ґрунту, тобто $P(0) \geq P_{кр}$. Приймаючи $P(0) = P_{кр}$, згідно [9] визначаємо необхідне зусилля різання ґрунту зубцем ріжучого леза у вигляді:

$$P = \pi a P_{кр}. \quad (2.79)$$

Таким чином, для ефективного різання ґрунту зубчастим ріжучим лезом, кожний його виступ повинний створювати тиск, у π разів перевищуючий критичне зусилля $P_{кр}$. Поставлена задача вирішується при використанні рівняння (2.79).

Якщо різання ґрунту проводиться зубчастим диском, довжина дуги врізання якого L , з кількістю зубців Z шириною a і кроком S (рис. 2.11), то, виразивши довжину дуги врізання зубчастого ріжучого леза через основні геометричні параметри зубців, отримуємо вираз для визначення їх кількості у вигляді:

$$Z = \frac{L + S - a}{S}, \quad (2.80)$$

Позначивши відношення ширини виступу зубця до кроку $a/S = K$, із рівняння (2.80) знаходимо S :

$$S = \frac{L}{Z - (1 - K)}, \quad (2.81)$$

де K – коефіцієнт розташування зубців на лезі диска.

При врізанні в ґрунт зубчастого диска загальне зусилля, що створюється зубчастим лезом, дорівнює:

$$P = P_B \cdot Z, \quad (2.82)$$

де $P_B = \pi a P_{кр}$ – зусилля, що створюється одним зубцем.

Підставивши значення Z і P_B в рівняння (2.82), отримаємо вираз для загального зусилля, що створюється зубчастим лезом, у вигляді:

$$P = \pi P_{кр} L K \left[1 + \frac{1 - K}{Z - (1 - K)} \right], \quad (2.83)$$

де $P_{кр}$ – критичний тиск на ґрунт; L – довжина ріжучого леза; Z – число зубців на дузі диску, що одночасно врізаються в ґрунт.

Коефіцієнт розташування зубців визначимо за виразом:

$$K = \frac{\sqrt{Z^2 - Z} - Z + 1}{2}; \quad (2.84)$$

Залежності зусилля P зубчастого диска від кількості зубців Z , при розв'язанні рівняння (2.84) за різних значень K показують, що зі збільшенням кількості зубців на дузі врізання зусилля P зменшується. Аналіз даних свідчить, що особливо значим є вплив при збільшенні кількості зубців від одного до чотирьох, після чого збільшення числа зубців на загальне зусилля значного впливу не має.

Тому в зубчатому диску можна обмежитись кількістю зубців на довжині дуги врізання не менше чотирьох. Ширина виступу a повинна бути такою, щоб на процес врізання зубця в ґрунт не впливали сусідні зубці. Зі збільшенням кількості зубців залежність зусилля P від коефіцієнта розташування зубців наближається до лінійної залежності. Тому максимальне зниження зусилля зубчастому лезу, порівняно з суцільним, буде при коефіцієнті розташування, що відповідає екстремальному значенню функції (2.84). Досліджуючи функцію на екстремум за теоремою Лагранжа про кінцевий приріст, в кінцевому результаті отримаємо значення K_3 , що визначається розв'язанням рівняння вигляду:

$$4K_3^2 - 4K_3 + 4K_3Z - Z + 1 = 0. \quad (2.85)$$

При розв'язку рівняння (2.85) у вигляді графічного визначення необхідної кількості зубців на різальному лезі встановлено, що зі збільшенням кількості зубців на різальному лезі від 4 до 10 значення K_3 змінюється в незначних межах від 0,23 до 0,24. Отже, оптимальною величиною коефіцієнта розташування K для зубчастого леза можна вважати 0,22...0,24.

Виходячи з розмірних характеристик (рис. 2.11), отримаємо наступні залежності:

$$\cos\beta = \frac{R-h}{R} = 1 - \frac{h}{R}, \quad (2.86)$$

$$\beta = \arccos\left(1 - \frac{h}{R}\right). \quad (2.87)$$

Тоді довжина дуги врізання зубчастого диска в ґрунт складе:

$$L = R \cdot \beta = R \cdot \arccos\left(1 - \frac{h}{R}\right) \quad (2.88)$$

З іншого боку, виразивши довжину дуги через кількість зубців, отримаємо:

$$L = N_1 \cdot S, \quad (2.89)$$

де N_1 – кількість зубців на дузі врізання; S – крок зубців,

тоді
$$S = \frac{L}{N_1}. \quad (2.90)$$

За умови, що $N_1 \geq 4$, отримаємо:

$$S = \frac{R}{4} \arccos\left(1 - \frac{h}{R}\right) \quad (2.91)$$

Виходячи з обґрунтованого коефіцієнта K розміщення зубців, ширина виступу зубця дорівнює:

$$a = K \cdot S, \quad (2.92)$$

де a – ширина виступу зубця; S – крок зубців, м.

Приймаємо $K = 0,24$, тоді:

$$a = 0,06R \cdot \arccos\left(1 - \frac{h}{R}\right), \quad (2.93)$$

$$S = \frac{a}{K} = 0,25R \arccos\left(1 - \frac{h}{R}\right). \quad (2.94)$$

Виходячи з формул (2.91) і (2.94), число зубців на диску визначаємо за виразом:

$$N = \frac{L}{S} = \frac{\pi D}{0,25R \arccos\left(1 - \frac{h}{R}\right)}, \quad (2.95)$$

$$N = \frac{2\pi R}{0,25R \arccos\left(1 - \frac{h}{R}\right)} = \frac{8\pi}{\arccos\left(1 - \frac{h}{R}\right)}. \quad (2.96)$$

Розрахунок за формулою (2.96) показує, що при глибині ходу $h = 0,08$ м диска радіусом $R = 0,165$ м кількість зубців повинна бути не меншою $N = 24$.

Для обґрунтування висоти h_3 зубця розглянемо його вдавлювання в ґрунт під дією сили P (рис. 2.12).

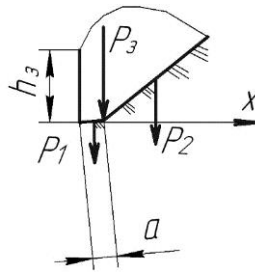


Рис. 2.12. Схема до обґрунтування висоти зубця диска

Із розв'язку рівняння плоскої контактної задачі з врахуванням того, що сила P_3 розподіляється на дві складові: P_1 – силу різання площею зубця і P_2 – силу різання нахиленою частиною зубця, отримаємо:

$$P_3 = P_1 + P_2 = \frac{ah_3t}{\pi v} + \frac{h_3t}{\pi v}, \quad (2.97)$$

де t – товщина зубця; h_3 – висота зубця; v – деформаційний показник ґрунту.

З рівняння (2.97) отримаємо вираз для визначення висоти зубця:

$$\pi v P = h_3 (at + t), \quad h_3 = \frac{\pi v P_3}{t(a+1)}. \quad (2.98)$$

Розрахунок за формулою (2.98) показує, що при $v = 2 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{Н}$, $a = 0,01 \text{ м}$, $t = 0,003 \text{ м}$ і $P_3 = 150 \text{ Н}$ отримаємо $h_3 = 0,021 \text{ м}$.

Враховуючи, що кількість зубців, що заглиблюються в ґрунт, повинна бути не меншою чотирьох, запишемо залежність, яка є між заглибленням диска в ґрунт і його діаметром D :

$$D = ka, \quad (2.99)$$

де k – коефіцієнт (відношення діаметра диска до глибини обробітку), $k = 4 \dots 6$,

товщина диску визначається в залежності від діаметру і складає $0,008D$ [6].

Застосування вібраційних автоколиваний дозволяє знизити енергоємність процесу ґрунтообробітку [14, 26, 79, 67, 180, 206].

V-подібні вирізи розташовані по периферії диску діаметром 350 мм, товщиною 3 мм з рівними інтервалами, при чому одна різальна кромка розташована радіально, а друга під кутом до радіусу і, відповідно, радіально

до різальної кромки. Форма вирізів облегує більш інтенсивне подрібнення і ковзання рослинних залишків.

Для дослідження тягового опору сошника розглянемо схему для теоретичного розрахунку максимального значення виглибляючої сили зубчастого розрізаючого диску (рис. 2.13, а) і схему до розрахунку мінімального значення виглибляючої сили (рис. 2.13, б).

При перекочуванні зубчастого диску в ґрунті будуть виникати вертикальні колювання центра його ваги (центра варіаційної системи), причини яких заключаються в наступному.

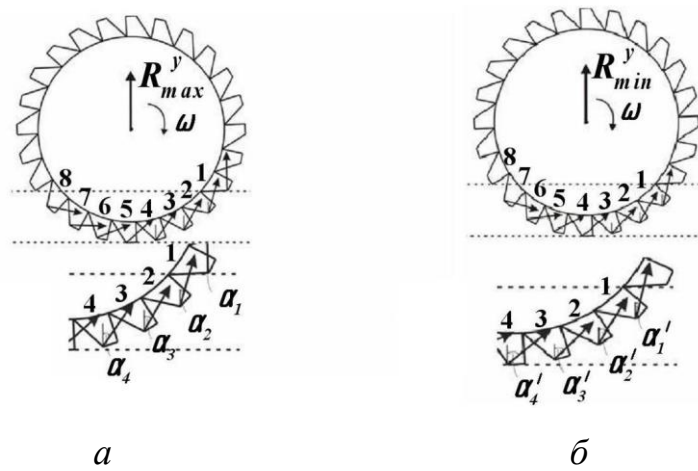


Рис. 2.13. Схема до розрахунку:

а – максимального, б – мінімального значення виглибляючої сили
зубчастого диску

Заглиблення диска проходить під дією сили пружності прижимної пружини, а величина вертикальної сили реакції ґрунту, що чинить виштовхуючу дію на диск, не постійна, оскільки внаслідок кочення змінюється кількість зубців, що знаходяться в ґрунті і кут їх взаємодії з ґрунтом. Коли вертикальна складова сили реакції ґрунту перевищить силу пружності пружини, пройде виглиблення диску і прижимна пружина додатково зіжметься, викликаючи збільшення заглиблювальної сили. При подальшому обертанні диску величина вертикальної сили реакції ґрунту

зменшиться до мінімального значення і під дією надлишкової сили пружності проходить заглиблення диску. Цей процес періодично повторюється.

За один оберт диск здійснить кількість коливань, що дорівнює кількості зубців k . Отже, частота коливань n буде дорівнювати:

$$n = \frac{k}{T} = \frac{kV}{2\pi R}, \quad (2.100)$$

де T – час одного повного оберту зубчастого диска, $T = \frac{2\pi R}{V}$; V – робоча швидкість.

Виконавши розрахунок для кількості зубців $k = 24$, радіусу зубчастого диска $R = 0,175$ м і діапазону вимірювання робочої швидкості від 6 до 12 км/год отримаємо $n = 36,4 \dots 72,8$ Гц.

Амплітуду коливань центра ваги можна визначити за формулою:

$$A = \frac{R_{\max}^y - R_{\min}^y}{C_{\text{обш}}}, \quad (2.101)$$

де R_{\max}^y – максимальне значення вертикальної складової сили реакції ґрунту; R_{\min}^y – мінімальне значення вертикальної складової сили реакції ґрунту; $C_{\text{обш}}$ – приведена жорсткість системи.

Значення вертикальної складової сили реакції ґрунту можна знайти, якщо підсумувати вертикальні зусилля, що діють на кожний зуб в ґрунті.

Значення вертикальної складової сили реакції ґрунту, що діє на зубчастий диск буде максимальним в момент часу, коли зуб 1 починає входити в ґрунт (рис. 2.13, а). В цьому випадку в контакт з ґрунтом будуть знаходитись вісім зубців.

Приймаючи значення сили опору ґрунту, що діють на кожний зуб, однаковим, що відрізняються тільки напрямом дії, запишемо:

$$R_{max}^y = F_0 \cdot \cos \alpha_1 + F_0 \cdot \cos \alpha_2 + F_0 \cdot \cos \alpha_3 + F_0 \cdot \cos \alpha_4 + \\ + F_0 \cdot \cos \alpha_5 + F_0 \cdot \cos \alpha_6 + F_0 \cdot \cos \alpha_7 + F_0 \cdot \cos \alpha_8 \quad (2.102)$$

Оскільки зубці розташовані по периферії диску рівномірно, то значення кожного наступного кута буде більше на величину

$$\alpha_0 = \frac{360^0}{k} = \frac{360^0}{24} = 15^0 ;$$

$$\alpha_2 = \alpha_1 + \alpha_0, \quad \alpha_3 = \alpha_2 + \alpha_0, \quad \dots \quad \alpha_8 = \alpha_7 + \alpha_0.$$

Величина кута α_1 в даному випадку буде прямувати до нуля. Отже, вираз (2.102) прийме вигляд:

$$R_{max}^y = F_0 \cdot \cos 0 + F_0 \cdot \cos \alpha_0 + F_0 \cdot \cos 2\alpha_0 + F_0 \cdot \cos 3\alpha_0 + \\ + F_0 \cdot \cos 4\alpha_0 + F_0 \cdot \cos 5\alpha_0 + F_0 \cdot \cos 6\alpha_0 + F_0 \cdot \cos 7\alpha_0 \quad (2.103)$$

Мінімальне значення виглиблюючої сили, що діє на зубчастий диск, буде в момент часу, коли зуб 1 (рис. 2.13,б) повністю заглибиться в ґрунт, а наступний за ним зуб знаходиться на відстані Δx від поверхні ґрунту, яка прямує до нуля:

$$R_{min}^y = F_0 \cdot \cos \alpha_1^I + F_0 \cdot \cos \alpha_2^I + F_0 \cdot \cos \alpha_3^I + F_0 \cdot \cos \alpha_4^I + \\ + F_0 \cdot \cos \alpha_5^I + F_0 \cdot \cos \alpha_6^I + F_0 \cdot \cos \alpha_7^I + F_0 \cdot \cos \alpha_8^I$$

В силу симетрії диску вся система повернеться відносно осі обертання на величину $\alpha_0 - \Delta\alpha$, а з врахуванням того, що $\alpha_2^I = \alpha_1^I + \alpha_0$, $\alpha_3^I = \alpha_2^I + \alpha_0$, ... $\alpha_8^I = \alpha_7^I + \alpha_0$, величина вертикальної сили реакції ґрунту визначиться як:

$$R_{min}^y = F_0 \cdot \cos(\alpha_1 + \alpha_0 - \Delta\alpha) + F_0 \cdot \cos(\alpha_2 + \alpha_0 - \Delta\alpha) + F_0 \cdot \cos(\alpha_3 + \alpha_0 - \Delta\alpha) + \\ + F_0 \cdot \cos(\alpha_4 + \alpha_0 - \Delta\alpha) + F_0 \cdot \cos(\alpha_5 + \alpha_0 - \Delta\alpha) + F_0 \cdot \cos(\alpha_6 + \alpha_0 - \Delta\alpha) + \\ + F_0 \cdot \cos(\alpha_7 + \alpha_0 - \Delta\alpha) \quad (2.104)$$

Враховуючи, що $\alpha_1 = 0$, а $\Delta\alpha \rightarrow 0$, спростимо вираз (2.104):

$$R_{\min}^y = F_0 \cdot \cos \alpha_0 + F_0 \cdot \cos 2\alpha_0 + F_0 \cdot \cos 3\alpha_0 + F_0 \cdot \cos 4\alpha_0 + F_0 \cdot \cos 5\alpha_0 + F_0 \cdot \cos 6\alpha_0 + F_0 \cdot \cos 7\alpha_0 \quad (2.105)$$

З врахуванням залежностей (2.103) і (2.105) вираз (2.101) для розрахунку амплітуди коливань буде мати вигляд:

$$A = \frac{R_{\max}^y - R_{\min}^y}{c_{\text{іаіі}}} = \frac{F_0}{c_{\text{іаіі}}} \quad (2.106)$$

Приведена жорсткість системи $c_{\text{іаіі}}$ буде залежати від співвідношення жорсткостей нажимної пружини і пружини вібратора, а також їх взаємного розташування.

Аналізуючи вираз (2.106), можна зробити висновок, що при скороченні кількості зубців частота коливань буде зменшуватись, а амплітуда зростати.

Збільшення твердості ґрунту приведе до зростання величини F_0 і збільшенню амплітуди коливань.

Експериментальні дослідження з оптимізації конструкції сошникового вузла з зубчастим розрізаючим диском, анкерним сошником, прикочуючим котком і механізмом регулювання глибини ходу при вивченні впливу віброефекту на тяговий опір були проведені з врахуванням вищенаведених теоретично обґрунтованих залежностей [57] на спеціально обладнаному стенді в ґрунтовому каналі.

2.4.2 Модель дослідження вібростеми з різною жорсткістю

З метою оптимізації процесу висіву насіння попереду сошникового вузла встановлено на плоско-пружинній підвісці зубчастий дисковий ніж, що розрізає [255]. Визначимо умови, за яких будуть виникати вібраційні коливання ножа на плоскій пружині, що сприятимуть зниженню опору ґрунту

різанню [104, 249]. Для цього розглянемо схему роботи підпружиненого зубчастого дискового ножа (рис. 2.14).

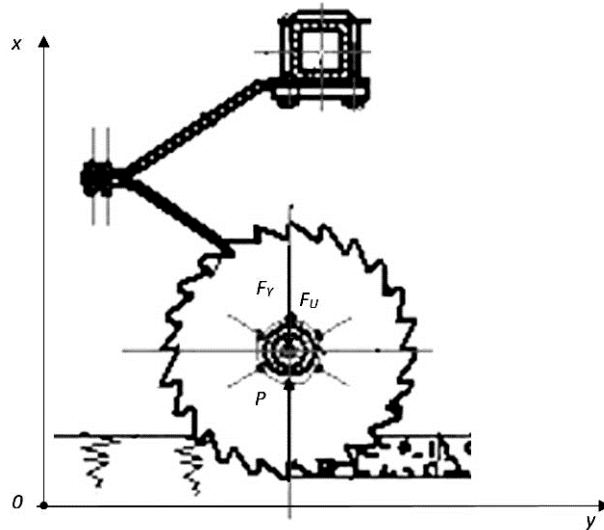


Рис. 2.14. Схема роботи підпружиненого зубчастого дискового ножа

При обертанні ножа, за рахунок одночасної дії сили опору ґрунту, пружних сил пластин і сил в'язкого опору відбуваються коливання вібростеми з частотою ω .

Колівання системи відбуваються під дією збурювальної сили, яка дорівнює:

$$F_B = P - F_Y - F_U, \quad (2.107)$$

де $F_Y = -kx$; $F_U = -r\dot{x}$, x - відхилення пластин (амплітуда коливань).

Сила P розраховується за формулою (2.97).

Колівання здійснюються тільки в тому випадку, коли $P > (F_Y + F_U)$. Зі збільшенням x пружні сили зростають. Сила P періодично змінюється у відповідності до почергового врізання зубців у ґрунт, що визначає величину збурювальної сили (F_B). Тому система здійснює незгасальні гармонічні коливання, амплітуда (A) яких пропорційна цій силі і залежить від частоти ω .

Рівняння руху вібростеми під дією прикладених сил запишемо у вигляді:

$$m\ddot{x} = -r\dot{x} - kx + F_B \sin \omega t \quad (2.108)$$

Розділивши ліву і праву частини рівняння (2.101) на m і перенісши rx і kx в ліву частину, отримаємо неоднорідне диференціальне рівняння другого порядку з правою частиною, що не дорівнює 0 для системи з однією ступінню вільності:

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = f_0 \sin \omega t, \quad (2.109)$$

де $f_0 = F/m$ – амплітуда збурювальної сили; $2\beta = r/m$ – коефіцієнт жорсткості; $\omega_0 = \sqrt{k/m}$ – кутова частота власних коливань.

Загальний розв'язок цього рівняння дорівнює сумі загального розв'язання однорідного диференціального рівняння і частинного розв'язку неоднорідного диференціального рівняння.

Загальний розв'язок однорідного диференціального рівняння має вигляд:

$$\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = 0, \quad (2.110)$$

$$x = A_0 e^{-\beta t} \sin(\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} t + \varphi_0), \quad (2.111)$$

$$\omega' = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}, \quad (2.112)$$

де φ_0 – початкова фаза коливань.

Частинний розв'язок неоднорідного диференціального рівняння знаходимо у вигляді:

$$x_1 = M \cos \omega t + N \sin \omega t, \quad (2.113)$$

де M і N – невизначені коефіцієнти.

Підставивши значення x_1 у вихідне рівняння (2.110), знаходимо значення M і N методом невизначених коефіцієнтів:

$$M = \frac{2f_0\beta\omega}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2\omega^2}, \quad N = \frac{f_0(\omega_0^2 - \omega^2)}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2\omega^2}. \quad (2.114)$$

Введемо нові постійні A' і φ' , припустивши, що $M = A' \sin \varphi'$, $N = A' \cos \varphi'$. Тоді амплітуда збурювальних коливань буде дорівнювати:

$$A' = \sqrt{M^2 + N^2} = \frac{f_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2\omega^2}}. \quad (2.115)$$

Кут зсуву фаз визначається із наступних виразів:

$$\operatorname{tg} \varphi' = \frac{M}{N} = \frac{2\beta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}, \quad (2.116)$$

$$\varphi' = \operatorname{arctg} \frac{2\beta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}. \quad (2.117)$$

Частинний розв'язок рівняння (2.109) запишемо у вигляді:

$$x_1 = A' \sin \varphi' \cos \omega t + A' \cos \varphi' \sin \omega t = A' \sin (\omega t + \varphi'), \quad (2.118)$$

$$x_1 = \frac{f_0 \sin (\omega t + \varphi')}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2}}. \quad (2.119)$$

Тоді загальний розв'язок рівняння (2.109) матиме наступний вигляд:

$$x = A_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t + \varphi_0) + \frac{f_0 \sin \left(\omega t + \operatorname{arctg} \frac{2\beta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2} \right)}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2 \omega^2}} \quad (2.120)$$

Перший член суми (2.120) являє собою згасальні коливання і з збільшенням t він зменшується до значень, якими можна знехтувати. Змушені коливання, що встановилися, описуються в цьому випадку другим членом рівняння. Амплітуда вимушених коливань пропорційна збурювальній силі. Вимушені коливання відстають по фазі від збурювальної сили.

При $\omega_0 > \omega$ кут φ' буде позитивний і менше $\pi/2$, тобто $0 < \varphi' < \pi/2$. Коли $\omega_0 < \omega$, $\pi/2 < \varphi' < \pi$, тобто змушені коливання відстають більше ніж на $\pi/2$, коли $\omega_0 = \omega$, то $\operatorname{tg} \varphi' = \infty$, тобто під час коливального руху система досягає середнього положення в той момент, коли збурювальна сила досягає свого максимального значення. Період незгасальних коливань той же, що і період збурювальної сили $T_1 = 2\pi/\omega$, а їх амплітуда пропорційна величині збурювальної сили.

Для визначення резонансної частоти ω_r і умов, що її визначають, знайдемо максимум функцій із рівняння (2.115), для чого продиференціюємо його по ω і прирівняємо до 0:

$$-4\omega(\omega_0^2 - \omega^2) + 8\omega\beta^2 = 0. \quad (2.121)$$

Після розв'язку рівняння (2.121) отримаємо вираз для визначення резонансної частоти:

$$\omega_r = \sqrt{\omega^2 - 2\beta^2} \quad (2.122)$$

Підставивши значення (2.122) в (2.115), отримаємо вираз для амплітуди при резонансі:

$$A_r = \frac{f_0}{2\beta \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}} \quad (2.123)$$

Аналіз виразу (2.123) показує, що при відсутності в'язкого опору ($2\beta = 0$) збудовувальній силі, амплітуда при резонансі перетворювалася б на нескінченність. Резонансна частота ω при тих же умовах (при $2\beta = 0$) співпадає з власною частотою системи (ω_0). На рис. 2.15 показана залежність амплітуди від частоти збудовувальних коливань системи при частоті її власних коливань $\omega_0 = 29,5$, коефіцієнт жорсткості $2\beta = 11,7$.

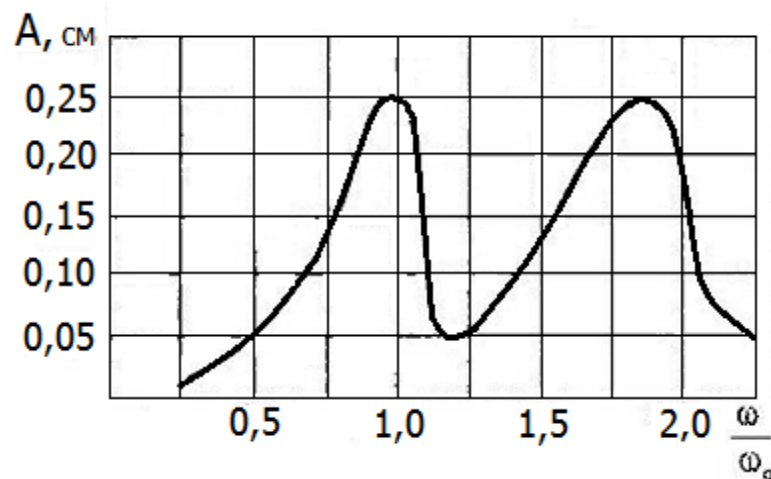


Рис. 2.15. Залежність амплітуди коливань від частоти збудовувальної сили:

1 – амплітуда коливань при $\omega/\omega_0 = 1$; 2 – амплітуда коливань при $\omega/\omega_0 = 1,75$.

Як видно з отриманого графіка (рис. 2.15), максимальна амплітуда спостерігається при частоті $\omega_1 = \omega_0$. Другий пік резонансу при даній системі

наступає через період, рівний $\pi/2$ при частоті $\omega_2=1,75\omega_0$. Дослідження показали, що чим менше значення 2β , тим ширший діапазон змін амплітуди в області, близькій до резонансу, і чим більше 2β , тим сильніша залежність амплітуди коливань від частоти збурювальних коливань вже область її змін і вона ближче до загасання. Для визначення коефіцієнта жорсткості 2β прирівнюємо рівняння (2.122) і (2.123) по ω_0 і після відповідних перетворень отримаємо:

$$2\beta = \frac{f_0}{\omega_r A_r}. \quad (2.124)$$

На рис. 2.16 приведена залежність амплітуди коливань від коефіцієнта жорсткості для двох вібросистем. Як слідує з залежностей, при збільшенні жорсткості системи в 2 рази перша «область» близька до резонансу. Для другої системи вона зменшується в 1,5 рази, але в той же час друга область, близька до резонансу, збільшується в 2 рази.

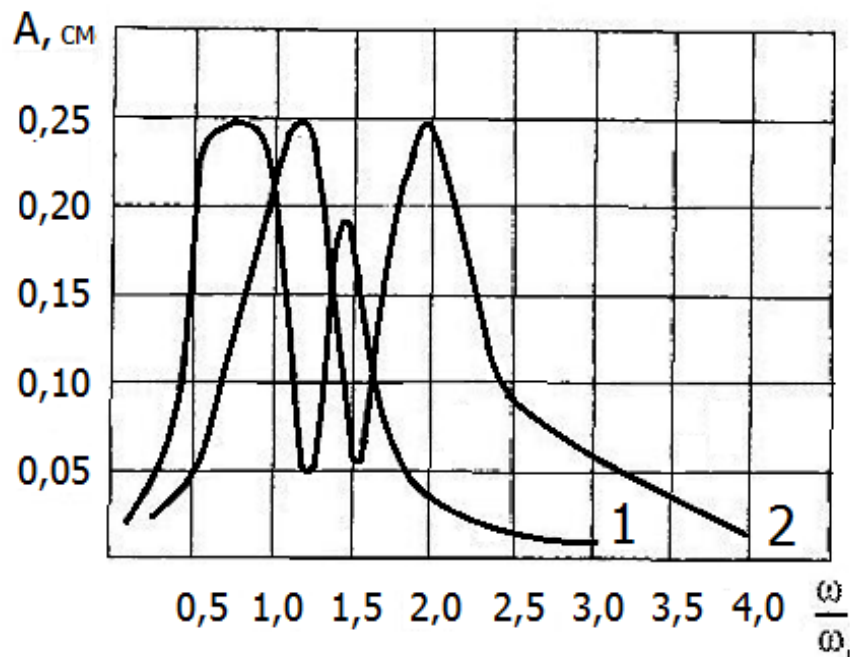


Рис. 2.16. Залежність амплітуди коливань від коефіцієнта жорсткості:

1 – амплітуда коливань при $2\beta = 5,9$; 2 – амплітуда коливань при $\beta = 11,7$.

В таблиці 2.1 приведені значення деяких величин, отриманих експериментальним шляхом для двох варіантів вібросистеми.

Таблиця 2.1

Значення параметрів вібросистеми, отримані експериментальним шляхом

Варіант вібросистеми	ω_r , с ⁻¹	ω_r^2 , с ⁻¹	A_{1r} , см	A_{2r} , см	β	ω_0 , с ⁻¹	F_b , Н	F_y , Н	B , см	L , см	N , шт.
1	41,9	55,5	0,25	0,20	5,9	42,1	620	500	7	6	4
2	28,3	50,2	0,25	0,25	11,7	29,5	540	830	7	6	6

де ω_r – частота змушених коливань; A_r – амплітуда змушених коливань; β – коефіцієнт жорсткості; ω_0 – частота вільних коливань; F_b – збурювальна сила; F_y – сила пружності; B – ширина пружних пластин; L – довжина пружних пластин; N – кількість пластин.

Попередні дослідження вібросистем з різною жорсткістю показали, що максимальна амплітуда змушених коливань спостерігається при рівності їх частоті власних коливань системи, при чому другий пік резонансу настає через період, рівний $P/2$, при вимушеній частоті рівній 1,75 частоти власних коливань. При зростанні жорсткості вібросистеми область, близька до другого резонансу, збільшується. Розглянута вібросистема може бути використана для визначення віброефекту.

2.4.3 Математична модель конструкції сошникового вузла з зубчастим ножом-диском на двопружинній підвісці і перевірка її на адекватність

Перед оцінкою енергетичних характеристик агрегату, за описаною раніше методикою [51], для складання диференціальних рівнянь, що описують поступальні коливання посівного агрегату при його русі по нерівностях поверхні ґрунту, необхідно спочатку проаналізувати схему сил, що діють на цей агрегат під час його рівномірного руху вздовж поля [4, 18].

Тому розглянемо відповідну еквівалентну силову схему, яка приведена на рис. 2.17.

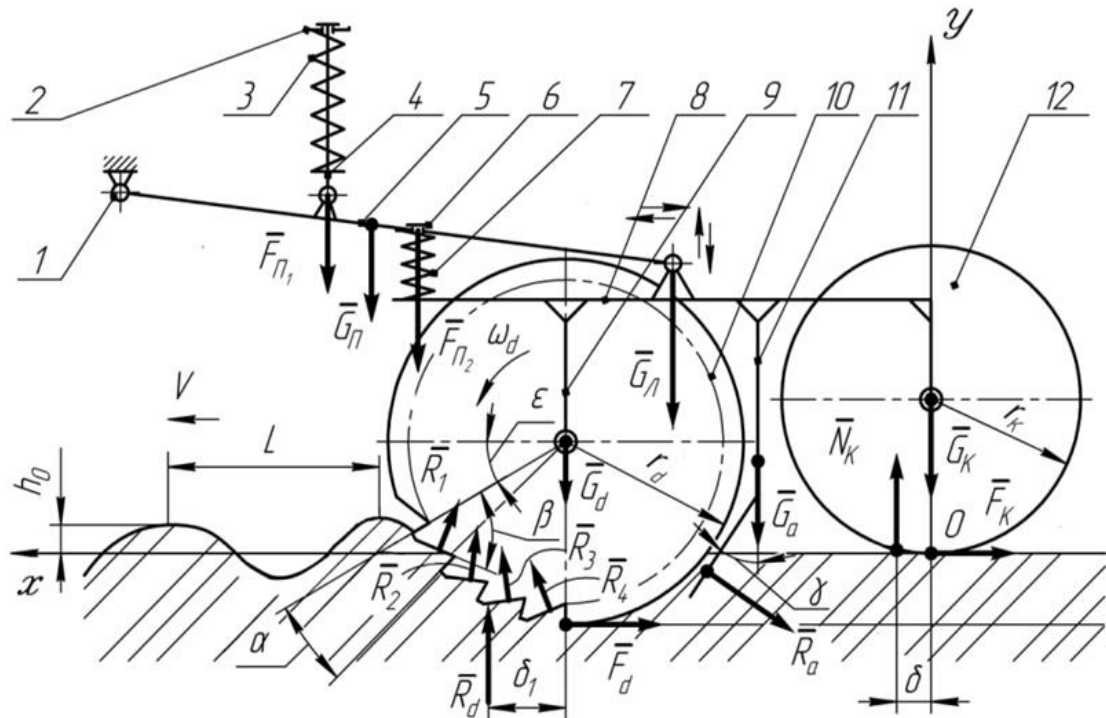


Рис. 2.17. Еквівалентна силову схему сошникового вузла:

1 – поводковий брус сівалки; 2 – п’ята натискного важеля; 3 – натискна пружина; 4 – штанга; 5 – поводок; 6 – шток вібратора; 7 – пружина вібратора; 8 – лонжерон; 9 – стійка; 10 – зубчастий диск; 11 – анкер-насініспровід; 12 – коток

У першу чергу покажемо на еквівалентній схемі сили ваги основних конструкційних елементів сошникового вузла:

\bar{G}_P – вага повідка; \bar{G}_d – вага зубчастого диска; \bar{G}_L – вага лонжерона;

\bar{G}_a – вага анкера-насініспровода; \bar{G}_k – вага котка.

Відповідно, маси зазначених конструкційних елементів позначимо через m_P , m_d , m_L , m_a , m_k .

Далі покажемо на схемі сили натягу першої та другої пружини \bar{F}_{P1} та \bar{F}_{P2} відповідно.

Очевидно, що за величиною ці сили дорівнюють:

$$F_{П1} = C_{П1} l_{П1}, \quad F_{П2} = C_{П2} y. \quad (2.125)$$

де $C_{П1}$, $C_{П2}$ – жорсткості першої та другої пружини відповідно, Н/м;
 $l_{П1}$, y – деформації цих пружин, м.

Силу $\bar{F}_{П1}$ у першому приближенні можна вважати постійною.

Очевидно, що в результаті дії сил ваги конструкційних елементів та зусиль пружин, виникають опорні реакції з боку ґрунту на зубчастий диск, анкерний насіннепровід та коток.

Будемо вважати, що профіль шляху (нерівності поверхні ґрунту) змінюється за синусоїдальним законом:

$$h(t) = h_0 \sin\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right), \quad (2.126)$$

де V – швидкість усталеного поступального руху сошникового вузла, м/с;

$2h_0$ – максимальна висота нерівностей ґрунту, м; L – довжина нерівностей поверхні ґрунту (відстань між двома сусідніми гребенями), м; t – поточний час, с.

У першому приближенні будемо вважати, що опорні реакції, які діють з боку ґрунту на зубці зубчастого диску при русі агрегату по нерівностях, також змінюються за таким же синусоїдальним законом:

$$R_i(t) = R_0 + H \sin\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right), \quad i = 1, 2, 3, 4, \dots, \quad (2.127)$$

де R_0 – реакція з боку ґрунту при русі агрегату по ідеально рівному ґрунті,

Н; $H \sin\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right)$ – збурювальна компонента реакції ґрунту, яка виникає за рахунок нерівностей поверхні поля;

H – амплітуда цього збурення, Н.

Також з боку ґрунту на анкерний насіннепровід діє реакція \bar{R}_a , яка, хоч і незначно, також впливає на рух агрегату.

І, нарешті, при коченні котка по розпушеному ґрунті виникає нормальна реакція \bar{N}_k з боку ґрунту на коток, а також сила тертя кочення \bar{F}_k , яка дорівнює:

$$F_k = \delta \frac{N_k}{r_k}, \quad (2.128)$$

де δ – коефіцієнт тертя кочення, м; r_k – радіус котка, м.

Виберемо систему прямокутних Декартових координат Oxy з початком у точці O . Вісь Ox спрямуємо у напрямку поступального руху агрегату (вектора швидкості V поступального руху), вісь Oy спрямуємо вгору (рис. 2.17).

Запишемо рівняння руху агрегату у векторній формі:

$$M\bar{a} = \bar{F}_{II1} + \bar{F}_{II2} + \bar{G}_{II} + \bar{G}_d + \bar{G}_n + \bar{G}_a + \bar{G}_k + \bar{R}_1 + \bar{R}_2 + \\ + \bar{R}_3 + \bar{R}_4 + \bar{R}_a + \bar{N}_k + \bar{F}_k, \quad (2.129)$$

де: M – маса агрегату, кг; \bar{a} – прискорення руху агрегату, м/с².

При цьому маса агрегату визначається за наступним виразом:

$$M = m_{II} + m_d + m_n + m_a + m_k. \quad (2.130)$$

Запишемо векторне рівняння (2.129) у проєкціях на осі координат Ox і Oy .

Будемо вважати, що обидві пружини (рис. 2.17) розташовані паралельно осі Oy .

Також у першому наближенні будемо вважати, що реакції, які діють з боку ґрунту на зубці диску, спрямовані перпендикулярно до поверхні зубця, як показано на рис. 2.17. Очевидно, що сусідні зубці диску зміщені один відносно одного на кут:

$$\alpha = \frac{2\pi}{z}, \quad (2.131)$$

де z – кількість зубців на диску.

Нехай далі ε – кут між віссю Ox і верхньою боковою поверхнею першого зубця, який здійснює контакт з поверхнею ґрунту, а β – кут між боковими поверхнями зубця (рис. 2.16). Тоді проекції сил \bar{R}_i на вісь Oy будуть дорівнювати:

$$\begin{aligned} R_{1y} &= R_1 \cos(\beta - \varepsilon), \\ R_{2y} &= R_1 \cos(\beta - \varepsilon + \alpha) = R_1 \cos\left(\beta - \varepsilon + \frac{2\pi}{z}\right), \\ R_{3y} &= R_1 \cos(\beta - \varepsilon + 2\alpha) = R_1 \cos\left(\beta - \varepsilon + \frac{4\pi}{z}\right), \\ R_{4y} &= R_1 \cos(\beta - \varepsilon + 3\alpha) = R_1 \cos\left(\beta - \varepsilon + \frac{6\pi}{z}\right). \end{aligned} \quad (2.132)$$

Аналогічно на вісь Ox :

$$\begin{aligned} R_{1x} &= -R_1 \sin(\beta - \varepsilon), \\ R_{2x} &= -R_1 \sin\left(\beta - \varepsilon + \frac{2\pi}{z}\right), \\ R_{3x} &= -R_1 \sin\left(\beta - \varepsilon + \frac{4\pi}{z}\right), \\ R_{4x} &= R_1 \sin\left(\beta - \varepsilon + \frac{6\pi}{z}\right). \end{aligned} \quad (2.133)$$

Силу тертя кочення зубчастого диску у першому наближенні можна обчислити за наступним виразом:

$$F_o = \frac{4R_1\delta_1}{R_o}, \quad (2.134)$$

або, враховуючи вираз (2.127):

$$F_{\delta} = \frac{4 \left[R_0 + H \sin \left(\frac{2\pi Vt}{L} \right) \right] \delta_1}{R_{\delta}}, \quad (2.135)$$

де δ_1 – коефіцієнт тертя кочення, м; R_{δ} – радіус диску, м.

Проекції сили \bar{R}_a на осі координат x та y будуть дорівнювати:

$$\begin{aligned} R_{ax} &= -R_a \cos \gamma, \\ R_{ay} &= -R_a \sin \gamma. \end{aligned} \quad (2.136)$$

Кут γ показано на рис. 2.17.

Таким чином, враховуючи вирази (2.127), (2.132), (2.133), (2.134), (2.135), отримуємо систему диференціальних рівнянь руху агрегату вздовж осей Ox і Oy :

$$\left. \begin{aligned} M \ddot{x} &= -R_1 \left[\sin(\beta - \varepsilon) + \sin\left(\beta - \varepsilon + \frac{2\pi}{z}\right) + \sin\left(\beta - \varepsilon + \frac{4\pi}{z}\right) - \right. \\ &\quad \left. - \sin\left(\beta - \varepsilon + \frac{6\pi}{z}\right) \right] - R_a \cos \gamma - F_{\delta} - F_k, \\ M \ddot{y} &= -F_{II1} - F_{II2} - G_{II} - G_{\delta} - G_l - G_a - G_k + R_1 \left[\cos(\beta - \varepsilon) + \right. \\ &\quad \left. + \cos\left(\beta - \varepsilon + \frac{2\pi}{z}\right) + \cos\left(\beta - \varepsilon + \frac{4\pi}{z}\right) + \cos\left(\beta - \varepsilon + \frac{6\pi}{z}\right) \right] - \\ &\quad - R_a \sin \gamma + N_k. \end{aligned} \right\} \quad (2.137)$$

Підставляючи в систему диференціальних рівнянь (2.137) вирази (2.125), (2.127), (2.128), (2.135), отримаємо наступну систему диференціальних рівнянь:

$$\left. \begin{aligned}
 M \ddot{x} = & - \left[R_0 + H \sin\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right) \right] \left[\sin(\beta - \varepsilon) + \sin\left(\beta - \varepsilon + \frac{2\pi}{z}\right) + \right. \\
 & \left. + \sin\left(\beta - \varepsilon + \frac{4\pi}{z}\right) - \sin\left(\beta - \varepsilon + \frac{6\pi}{z}\right) \right] - \\
 & - R_a \cos\gamma - \frac{4 \left[R_0 + H \sin\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right) \right] \delta_1}{R_0} - \delta \frac{N_\kappa}{r_\kappa}, \\
 M \ddot{y} = & - C_{\Pi 1} l_{\Pi 1} - C_{\Pi 2} y - (m_{\Pi} + m_{\delta} + m_{\lambda} + m_a + m_{\kappa}) g + \\
 & + \left[R_0 + H \sin\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right) \right] \left[\cos(\beta - \varepsilon) + \cos\left(\beta - \varepsilon + \frac{2\pi}{z}\right) + \right. \\
 & \left. + \cos\left(\beta - \varepsilon + \frac{4\pi}{z}\right) + \cos\left(\beta - \varepsilon + \frac{6\pi}{z}\right) \right] - R_a \sin\gamma + N_\kappa.
 \end{aligned} \right\} \quad (2.138)$$

Система диференціальних рівнянь (2.138) описує процес горизонтальних і вертикальних поступальних коливань сошнікового вузла (лонжерона) при його переміщенні по нерівній ґрунтовій поверхні поля. Роль збудовальної сили відіграє складова $H \sin\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right)$, роль відновлювальної сили – складова $C_{\Pi 2} y$.

Для спрощення запису системи рівнянь (2.138) введемо наступні позначення:

$$\left[\sin(\beta - \varepsilon) + \sin\left(\beta - \varepsilon + \frac{2\pi}{z}\right) + \sin\left(\beta - \varepsilon + \frac{4\pi}{z}\right) - \sin\left(\beta - \varepsilon + \frac{6\pi}{z}\right) \right] = A, \\
 \left[\cos(\beta - \varepsilon) + \cos\left(\beta - \varepsilon + \frac{2\pi}{z}\right) + \cos\left(\beta - \varepsilon + \frac{4\pi}{z}\right) + \cos\left(\beta - \varepsilon + \frac{6\pi}{z}\right) \right] = B. \quad (2.139)$$

Тоді система диференціальних рівнянь (2.138) набуде наступного вигляду:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x} = & -A \frac{R_0}{M} - \frac{AH}{M} \sin\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right) - \frac{Ra \cos\gamma}{M} - \frac{4R_0\delta_1}{M R_\partial} - \\ & - 4H \frac{\sin\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right)\delta_1}{M R_\partial} - \frac{\delta N_k}{M r_k}, \\ \ddot{y} + \frac{C_{II2}y}{M} = & -\frac{C_{III}l_{III}}{M} - g + \frac{R_0B}{M} + \frac{BH}{M} \sin\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right) - \\ & - \frac{R_a \sin\gamma}{M} + \frac{N_k}{M}. \end{aligned} \right\} \quad (2.140)$$

Оскільки диференціальні рівняння, що входять у систему (2.140), незалежні і їх можна інтегрувати окремо, то спочатку проінтегруємо перше рівняння системи. Перший інтеграл цього рівняння буде дорівнювати:

$$\begin{aligned} \dot{x} = & -\left(\frac{R_0A}{M} + \frac{R_a \cos\gamma}{M} + \frac{4R_0\delta_1}{M R_\partial} + \frac{\delta N_k}{M R_k}\right)t + \\ & + \left(\frac{LAH}{2\pi VM} + \frac{4LH\delta_1}{2\pi VM R_\partial}\right)\cos\left(\frac{2\pi vt}{L}\right) + C_1. \end{aligned} \quad (2.141)$$

Другий інтеграл цього рівняння буде дорівнювати:

$$\begin{aligned} x = & -\left(\frac{R_0A}{M} + \frac{R_a \cos\gamma}{M} + \frac{4R_0\delta_1}{M R_\partial} + \frac{\delta N_k}{M R_k}\right)\frac{t^2}{2} + \\ & + \left(\frac{L^2 AH}{4\pi^2 V^2 M} + \frac{L^2 H\delta_1}{\pi^2 V^2 M R_\partial}\right)\sin\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right) + C_1 t + C_2. \end{aligned} \quad (2.142)$$

Довільні сталі C_1 і C_2 знаходимо з наступних початкових умов:
при $t=0$:

$$x=0, \quad \dot{x}=0, \quad y=0, \quad \dot{y}=0. \quad (2.143)$$

При цьому отримуємо наступні значення довільних сталих:

$$\begin{aligned} C_1 = & -\left(\frac{LAH}{2\pi VM} + \frac{2LH\delta_1}{\pi VM R_\partial}\right), \\ C_2 = & 0. \end{aligned} \quad (2.144)$$

Таким чином, перший інтеграл даного диференціального рівняння системи (2.141), що задовольняє початковим умовам (2.145), матиме наступний вигляд:

$$\dot{x} = -\left(\frac{R_0 A}{M} + \frac{R_a \cos \gamma}{M} + \frac{4R_0 \delta_1}{M R_\delta} + \frac{\delta N_k}{M R_k}\right)t + \left(\frac{L A H}{2\pi V M} + \frac{2L H \delta_1}{\pi V M R_\delta}\right) \times \\ \times \cos\left(\frac{2\pi V t}{L}\right) - \left(\frac{L A H}{2\pi V M} + \frac{2L H \delta_1}{\pi V M R_\delta}\right). \quad (2.145)$$

Другий інтеграл, тобто розв'язок даного рівняння, що задовольняє початковим умовам (2.143), матиме наступний вигляд:

$$x = -\left(\frac{R_0 A}{M} + \frac{R_a \cos \gamma}{M} + \frac{4R_0 \delta_1}{M R_\delta} + \frac{\delta N_k}{M R_k}\right)\frac{t^2}{2} + \left(\frac{L^2 A H}{4\pi^2 V^2 M} + \frac{L^2 H \delta_1}{\pi^2 V^2 M R_\delta}\right) \times \\ \times \sin\left(\frac{2\pi V t}{L}\right) - \left(\frac{L A H}{2\pi V M} + \frac{2L H \delta_1}{\pi V M R_\delta}\right)t. \quad (2.146)$$

Вираз (2.146) описує поступальні коливання агрегату вздовж осі Ox . Амплітуда зазначених коливань, як видно з виразу (2.146), знаходиться як

коефіцієнт при функції $\sin\left(\frac{2\pi V t}{L}\right)$.

Розглянемо далі друге диференціальне рівняння системи (2.140). При

цьому позначимо $\sqrt{\frac{C_{\Pi 2}}{M}} = k$.

Тоді дане диференціальне рівняння набуде наступного вигляду:

$$\ddot{y} + k^2 y = -\frac{C_{\Pi 1} l_{\Pi 1}}{M} - g + \frac{B R_0}{M} + \frac{B H}{M} \sin\left(\frac{2\pi V t}{L}\right) - \frac{R_a \sin \gamma}{M} + \frac{N_k}{M}. \quad (2.147)$$

Для зручності введемо наступні позначення:

$$-\frac{C_{\Pi 1} l_{\Pi 1}}{M} - g + \frac{B R_0}{M} - \frac{R_a \sin \gamma}{M} + \frac{N_k}{M} = D, \quad (2.148)$$

тоді диференціальне рівняння (2.147) набуде наступного вигляду:

$$\ddot{y} + k^2 y = \frac{BH}{M} \sin\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right) + D \quad (2.149)$$

Рівняння (2.149) є лінійним диференціальним рівнянням другого порядку з постійними коефіцієнтами з правою частиною. Його розв'язок складається з розв'язку однорідного диференціального рівняння:

$$\ddot{y} + k^2 y = 0 \quad (2.150)$$

і частинного розв'язку, що залежить від вигляду правої частини даного рівняння. Відомо, що диференціальне рівняння (2.150) має наступний розв'язок:

$$y_{\text{одн.}} = L_1 \sin kt + L_2 \cos kt \quad (2.151)$$

Частинний розв'язок неоднорідного рівняння з правою частиною знаходимо у наступному вигляді:

$$y_{\text{част.}} = R \sin\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right) + S \cos\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right) + T \quad (2.152)$$

де R , S і T – невідомі коефіцієнти.

Ці коефіцієнти знаходимо методом невизначених коефіцієнтів:

$$\dot{y}_{\text{част.}} = \frac{2R\pi V}{L} \cos\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right) - \frac{2S\pi V}{L} \sin\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right), \quad (2.153)$$

$$\ddot{y}_{\text{част.}} = -\frac{4R\pi^2 V^2}{L^2} \sin\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right) - \frac{4S\pi^2 V^2}{L^2} \cos\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right). \quad (2.154)$$

Підставляємо вирази (2.153) і (2.154) у рівняння (2.149), отримаємо:

$$\begin{aligned} & -\frac{4R\pi^2 V^2}{L^2} \sin\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right) - \frac{4S\pi^2 V^2}{L^2} \cos\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right) + k^2 R \sin\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right) + \\ & + k^2 S \cos\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right) + k^2 T = \frac{BH}{M} \sin\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right) + D. \end{aligned} \quad (2.155)$$

Прирівнюючи коефіцієнти при однакових тригонометричних функціях у (2.155), отримуємо наступну систему рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} \left(-\frac{4\pi^2 V^2}{L^2} + k^2 \right) R &= \frac{BH}{M}, \\ \left(-\frac{4\pi^2 V^2}{L^2} + k^2 \right) S &= 0, \\ k^2 T &= D. \end{aligned} \right\} \quad (2.156)$$

З системи (2.156) знаходимо:

$$\left. \begin{aligned} R &= \frac{BH}{M \left(k^2 - \frac{4\pi^2 V^2}{L^2} \right)}, \\ S &= 0, \\ T &= \frac{D}{k^2}. \end{aligned} \right\} \quad (2.157)$$

Підставляючи вирази (2.157) у вираз (2.152), знаходимо необхідний частинний розв'язок:

$$y_{\text{част.}} = \frac{BH}{M \left(k^2 - \frac{4\pi^2 V^2}{L^2} \right)} \sin \left(\frac{2\pi Vt}{L} \right) + \frac{D}{k^2}, \quad (2.158)$$

або в більш зручному вигляді:

$$y_{\text{част.}} = \frac{L^2 BH}{M (L^2 k^2 - 4\pi^2 V^2)} \sin \left(\frac{2\pi Vt}{L} \right) + \frac{D}{k^2}. \quad (2.159)$$

Таким чином, загальний розв'язок диференціального рівняння (2.149) буде дорівнювати $y = y_{\text{одн.}} + y_{\text{част.}}$, або, враховуючи (2.151) і (2.159), отримуємо наступний вираз:

$$y = L_1 \sin kt + L_2 \cos kt + \frac{L^2 BH}{M (L^2 k^2 - 4\pi^2 V^2)} \sin \left(\frac{2\pi Vt}{L} \right) + \frac{D}{k^2}. \quad (2.160)$$

Довільні сталі L_1 і L_2 знаходимо з початкових умов (2.143).

З виразу (2.160) при $t=0$ отримуємо:

$$L_2 = -\frac{D}{k^2}. \quad (2.161)$$

Для знаходження сталої L_1 продиференціюємо вираз (2.160) за часом t . Матимемо:

$$\dot{y} = L_1 k \cos kt - L_2 k \sin kt + \frac{2\pi VLBH}{M(L^2 k^2 - 4\pi^2 V^2)} \cos\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right). \quad (2.162)$$

З виразу (2.162) при $t=0$ знаходимо значення довільної сталої C_1 :

$$L_1 = -\frac{2\pi VLBH}{kM(L^2 k^2 - 4\pi^2 V^2)}.$$

Отже, отримуємо розв'язок диференціального рівняння (2.149), який задовольняє початковим умовам (2.144):

$$y = -\frac{2\pi VLBH}{kM(L^2 k^2 - 4\pi^2 V^2)} \sin kt - \frac{D}{k^2} \cos kt + \frac{L^2 BH}{M(L^2 k^2 - 4\pi^2 V^2)} \sin\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right) + \frac{D}{k^2}. \quad (2.163)$$

Вираз (2.163) описує поступальні коливання агрегату вздовж осі Oy за наявності збурювальної сили $R_0 + H \sin\left(\frac{2\pi Vt}{L}\right)$ і відновлювальної сили $C_{п2}y$ пружини вібратора.

У виразі (2.163) перших два доданки описують вільні вертикальні коливання посівного агрегату, третій доданок – змушені вертикальні коливання цього агрегату. При цьому амплітуда вільних коливань, як видно з виразу (2.163), буде дорівнювати:

$$A_1 = \sqrt{\frac{4\pi^2 V^2 L^2 B^2 H^2}{k^2 M^2 (L^2 k^2 - 4\pi^2 V^2)^2} + \frac{D^2}{k^4}}, \quad (2.164)$$

а амплітуда змушених коливань знаходиться з наступного виразу:

$$B_1 = \frac{L^2 B H}{M (L^2 k^2 - 4\pi^2 V^2)}. \quad (2.165)$$

Частота вільних коливань визначається наступним чином:

$$k = \sqrt{\frac{C_{II2}}{M}}, \quad (2.166)$$

а частота змушених коливань, як відомо, дорівнює частоті збудовальної сили:

$$k_1 = \frac{2\pi V}{L}. \quad (2.167)$$

Таким чином, отримані вирази для визначення амплітуди (2.164), частоти вільних коливань (2.166) та амплітуди змушених коливань (2.165) лонжерона сошникового вузла в залежності від його основних конструкційних параметрів і режимів роботи при рівномірному переміщенні по нерівностях поверхні ґрунту. Зокрема, у зазначені вирази входять кількість зубців зубчастого розрізаючого диска, жорсткість пружин та швидкість поступального руху.

За отриманими кінцевими виразами амплітуди та частоти коливань лонжерона сошникового вузла проведемо чисельні розрахунки за допомогою ПК.

Згідно розробленої вище математичної моделі процесу взаємодії з ґрунтом комбінованого сошникового вузла з зубчастим розрізаючим диском і системою пружинних механізмів з натискною пружиною і додатковою пружиною автоколивань проведені розрахунки амплітуди віброколивань для оцінки стану системи і оптимізації, у подальшому, енергетичних характеристик універсальної сівалки. Побудована амплітудно-частотна

характеристика сошникового вузла з зубчастим диском, установленим на двопружинній підвісці, при різних значеннях жорсткості пружин $C_{п1}$ і $C_{п2}$, Н/м, для визначення залежності амплітуди коливань $A(V)$, м, від швидкості руху V , м/с. Проведення розрахунків виконано за допомогою програми MathCAD. За результатами розрахунків побудовано графіки, наведені на рис. 2.18.

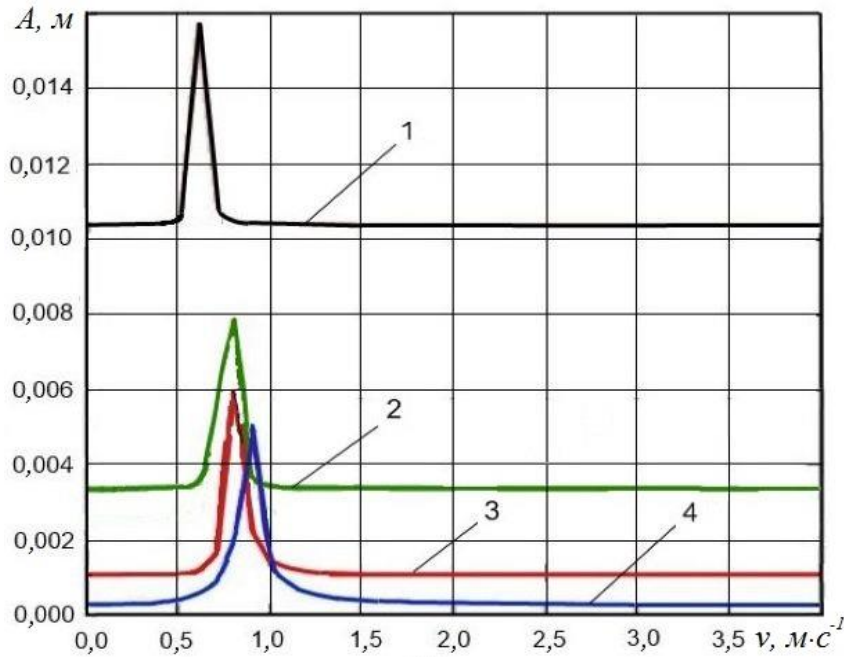


Рис. 2.18. Залежності амплітуди коливань сошникового вузла з зубчастим розрізаючим диском на двопружинній підвісці від швидкості його руху при жорсткості пружин, Н/м:

1 – $C_{п1} = 16815$, $C_{п2} = 17150$ (25% номінальної жорсткості); 2 – $C_{п1} = 33635$, $C_{п2} = 34300$ (50 % номінальної жорсткості); 3 – $C_{п1} = 50450$, $C_{п2} = 51450$ (75 % номінальної жорсткості); 4 – $C_{п1} = 67270$, $C_{п2} = 68600$ (100% номінальної жорсткості)

Як видно із графіків (рис. 2.17), отримані резонансні величини амплітуди, коли частота збурень сошникового вузла співпадає з власною частотою при швидкостях від 0,5 м/с до 1,0 м/с, при подальшому збільшенні швидкості посівного агрегату від 1,2 м/с до 4 м/с спостерігаються стабільні показники його амплітуди.

2.4.4 Обґрунтування міцності базової конструкції рядкових зернових сівалок для енергозберігаючих технологій

При дослідженнях посівів селекційного матеріалу по стерньовому фону для об'єктивної оцінки селекційних ліній зернових культур необхідна ідентичність технологій їх виробництва. Однак посівні робочі органи, що застосовуються для посіву партій насіння на дослідних ділянках (ручна сівалка СР-1М, сівалки касетні ССК-6 (СКС-6А), сівалки порційні СЦН-10 (СН-10Ц-01), сівалки зі змінною колією СС-16 (СН-16ПМ, СС-16А) не здатні для виконання технологічного процесу посіву по стерньовим і мульчованим фонам.

Конструкції сівалок Rowseed провідної фірми-розробника селекційної техніки Wintersteiger (Австрія) уніфіковані за висівними робочими органами з сівалками для підготовленого ґрунту і використовують: анкерний сошник Isaria, анкерний сошник Nodet; однодисковий сошник Accord CX; дводисковий сошник Lemken; для прямої сівби: дводисковий сошник Asca Plant t; дводисковий сошник Great Plains; дводисковий сошник Sunflower; зубчастий сошник Hogwood Bagshaw [156].

Аналіз досліджень конструкцій сошникових груп зернових сівалок приводить до узагальнюючого параметру, по якому оцінюють сівалку та встановлюють, при якій системі обробітку її використання буде ефективним – це конструкційно задане зусилля, з яким сошник притискається до поверхні ґрунту. Для умов сівби в попередньо якісно оброблений ґрунт в сівалках СЗ-3,6(5,4), виробник ВАТ «Червона зірка», Solitar фірми Lemken, D, AD фірми Amazone притискне зусилля від 25 до 50 кгс, в мінімально оброблений ґрунт в сівалках Cirrus (Amazone), HT (Great Plains) – від 40 до 80 кгс, при безпосередній сівбі в сівалках Seed Hawk (Vederstad), Seed Master (Sulky), Sprinter ST (Horsch), Модель 8810 (Bourgault) – від 50 до 200 кгс [150].

Звичайно, закордонні сівалки для сівби по стерні важать приблизно 800 кг/м. Важка вага сівалок є перешкодою для застосування їх на невеликих

полях з малогабаритними тракторами, а висока вартість не по кишені для невеликих фермерських господарств Китаю. Вони вже 20 років, як почали розробляти легкі No-till сівалки (масою 316-500 кг/м, що складає 50% від маси сівалок спеціальних конструкцій), які більше всього підходять для малогабаритного і середніх розмірів трактора (500-650 кг/м), при вартості всього 10-15% від вартості сівалок для No-till відомих виробників. В Китаї подвійні зубовидні диски і начіпні передні пристрої видалення є основними механізмами пасивних антизабивачів сошникових груп. Основним пристроєм сівалки є дисковий ніж, що розрізає пожнивні залишки, потім подвійні зубовидні диски видаляють їх з посівних рядків і загострений сошник може легко завершити висів [164].

Застосування технічних рішень, що працюють в виробничих сівалках прямої сівби, наприклад СЗС-2,1, в селекційних сівалках вітчизняних конструкцій - неприйнятні, як за технічними так і за технологічними причинами (вимоги до параметрів дослідних ділянок). Із-за відсутності спеціальних машин вчені змушені висівати і оцінювати селекційний матеріал по чистому пару, хоча сорти створюються для посіву по стерні. Тому в науково-дослідних установах, при оцінці перспективних сортів зернових культур для енергоощадних технологій, необхідно переходити на аналогічні умови їх вирощування. Ідентичність умов, дотримання агрофону на ранніх етапах виведення сортів будуть являтися запорукою достовірності польового досліду і виробничої продуктивності [75].

На ґрунтах, рівноважна щільність яких близька до оптимальної, тобто не перевищує $1,3\text{г}/\text{см}^3$, при наявності достатньої кількості добрив і пестицидів, обробіток може бути зведений до мінімуму. Доведено, що мульчування ґрунтового шару подрібненою соломою з обов'язковим внесенням достатньої кількості азотних добрив не тільки відновлює родючість, а і зберігає вологу.

Для сівби за такою технологією бажано мати сівалку прямої сівби, оскільки сходи висіяної культури можуть бути гарантовано отримані коли

висіане зерно контактує з вологим ґрунтом під шаром мульчі. Загально відомо, що основною перешкодою для широкого впровадження таких технологій є висока вартість спеціальних сівалок, а штатні дводискові сошники, якими вкомплектовані сівалки модельного ряду СЗ-3,6 не здатні проникати через мульчований шар ґрунту, тому висіане зерно знаходиться над мульчою і контактує не з ґрунтом, а з пожнивними залишками в шарі ґрунту і, відповідно сходи, що з'являються, рідкі та слабкі. Розроблені спеціальні пристосування та комбіновані сошники для рядових сівалок та визначені їх механіко-технологічні параметри [148], а опоненти використання сівалок СЗ-3,6 для прямої сівби в якості аргументу посилаються на недостатню їх вагу.

Розв'язання проблеми. Розглянемо спростовану схему дії сил рядової сівалки у вигляді навантаженої двоопорної балки (рис. 2.19).

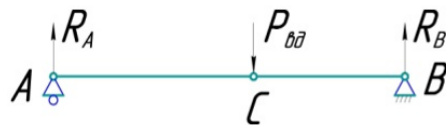


Рис. 2.19 - Спрощена схема дії сил у вигляді двоопорної балки

На рис. 2.19: A – точка приєднання сніци сівалки до причіпної скоби трактора; R_A – реакція в точці приєднання; $P_{\text{вд}}$ – рівнодійна сил вдавлювання; C – точка прикладення рівнодійної сил вдавлювання; B – умовна точка центру тяжіння сівалки; R_B – умовна реакція в даній точці.

Виходячи з розмірів сівалки і конструкції пристрою, приймаємо довжину відрізка $AC = 1,25$ м, довжину відрізка $BC = 0,85$ м. Для даної балки нас цікавить тільки величина реакції в точці B , оскільки вона не повинна перевищувати вагу сівалки.

Відомим способом вирішуємо рівняння рівноваги балки і знаходимо, що $R_B = 0,6P_{\text{вд}}$ чи $P_{\text{вд}} = 1,33R_B$. З врахуванням того, що вага сівалки становить близько 1500 кг, зусилля вдавлювання складає 19950 Н чи по 830 Н на диск.

Розрахунками зусилля вдавлювання, що розвиваються гідроциліндром через систему важелів підйому-опускання дисків приставки наближено отримуємо зусилля дії на поршень циліндра, що становить 84430 Н.

Зусилля на штоці гідроциліндра, яке витрачається на заглиблення сошників при тиску на поводок штатною пружиною до 150 Н і коефіцієнті передачі зусилля системи важелів заглиблення, що дорівнює 1,14, буде складати 3230 Н на один диск.

Попереднім розрахунком встановлено, що зусилля вдавлювання без баластного вантажу не повинне перевищувати 19950 Н. В цьому випадку загальне зусилля на штоці гідроциліндра не перевищить величину 12430 Н.

Перевіримо міцність першого валу підйому і заглиблення сошників на зріз при крученні. Величина крутного моменту при довжині плеча першого вала підйому сошників 16 см складає $1243 \cdot 16 = 198880$ Н·см. Момент опору перетину вала діаметром 4 см:

$$W_K = 0,2d_v^3 = 12,8 \text{ см}^3,$$

де d_v – діаметр вала.

З урахуванням того, що вал навантажений з обох сторін приблизно рівномірно, обчислюємо виникаючу напругу. Її величина $198880/2 \cdot 12,8 = 7770$ Н/см², напруга для сталі ст.4 – 10500 Н/см².

Якщо допустити напругу до 10000 Н/см², можна збільшити зусилля вдавлювання диска:

$$10000 \cdot 2 \cdot 12,8/16 = 3150 = 12850 \text{ Н},$$

$$12850 \cdot 43/(20 \cdot 24) = 1150 \text{ Н}.$$

Можна збільшити зусилля вдавлювання до 1500 Н, закріпивши баластний вантаж (наприклад, мішки з піском) на підніжці сівалки вагою 300 кг. В цьому випадку деякі деталі сівалки слід посилити.

Притисне зусилля різних типів сошникових груп сівалок в залежності від умов сівби значно різниться. Так, при сівбі в мінімально оброблений ґрунт сівалкою Cirrus фірми Amazone - 50 кг, сівалкою HT фірми Greit Plains

- 40-80 кг; для безпосередньої сівби в необроблений ґрунт від 50 до 200 кг [150,191]. Лозовський кузнечно-механічний завод на замовлення виготовляє приставку прямої сівби ППС-3,6, обладнану розрізаючими дисками виробництва фірми «Belotta», вага її 1920 кг.

Приймаючи до уваги результати вище наведених розрахунків, приходимо до висновку, що обмежуючими факторами для подальшого збільшення зусилля вдавлювання сошника є, насамперед, діаметр вала підйому і заглиблення сошників, а також маса сівалки [35, 40, 54].

2.5 Оптимізація процесу роботи фрез для передпосівного обробітку ґрунту на селекційних ділянках

В процесі підготовки ґрунту під сівбу виникає необхідність обробляти вологі, засмічені рослинними рештками ділянки ґрунту. Фрезерні машини, за допомогою яких можна підготувати ґрунт за один прохід, в даних умовах непрацездатні. Барабани фрез начіпних як ФНС-1,5 [121], призначених для суцільної обробки ґрунту на 1-3 етапах селекційно-насінницьких робіт з різними сільськогосподарськими культурами, так і фрез загального призначення звичайно комплектуються відігненими під кутом 90° ножами. При фрезеруванні вологого і засміченого ґрунту рослинні рештки зависають на відігнутих частинах ножів і намотуються на барабан, що призводить до непрацездатного стану.

З врахуванням цієї обставини перспективною є модернізація начіпної фрези ФНС-1,5 з метою використання її при обробці засмічених ділянок, а також стерні зернових культур при несприятливих кліматичних умовах вологої осені.

Конструктивні зміни для модернізації фрези наведені на рис. 2.20. На барабані 1 з дисків 2 знімаються штатні робочі органи і замінюються на легко відігнуті на кінцях ножі, при чому кут відгину не перевищує 45° . З рами 4 демонтується і до несучого бруса 5 рами скобами 6 прикріплюється

підрамник 7, в кронштейни 8 якого зі стрільчатими лапами 10 культиваторні робочі органи встановлюються згідно з дисками 2 барабана 1 таким чином, що носок лапи 10 при роботі фрези знаходиться в канавці, яка прорізається в шарі ґрунту ножами, закріпленими на з'єдному диску.

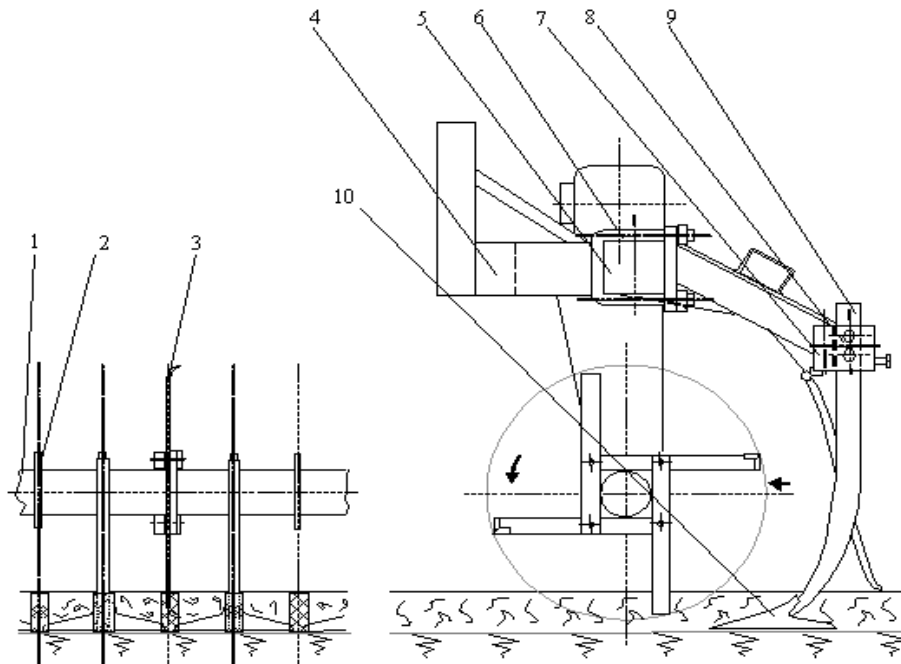


Рис. 2.20. Конструктивна схема модернізованої фрези з комбінованими робочими органами:

1 – барабан, 2 – диски, 3 – ножі, 4 – рама, 5 – брус, 6 – скоба, 7 – підрамник, 8 – кронштейн, 9 – стійка, 10 – лапа

При русі агрегату барабан 1 з дисками 2 ножами 3, обертаючись, прорізає в ґрунті канавки. Культиваторні робочі органи лапами 10, рухаючись вслід, зрізують бугорки ґрунту, що знаходяться між прорізними канавками, і створюють гладке плоске ґрунтове дно, зручне для послідуєчого посіву насіння.

Дослідженнями встановлено, що більша частина зусилля опору ґрунту культиваторній лапі, що рухається, сприймається її носком, тому попереднє прорізання в необробленому ґрунті значно знижує навантаження на культиваторний робочий орган, а також на агрегат в цілому.

Враховуючи конструктивно-кінематичні параметри фрези ФНС-1,5, визначимо агротехнічну її здатність до підготовки ґрунту під сівбу за один прохід. Агротехнічними вимогами встановлено, що відхилення глибини обробки не повинне перевищувати ± 1 см.

Висота гребінців ґрунтового ложа при фрезеруванні визначається згідно з [195] (рис. 2.21).

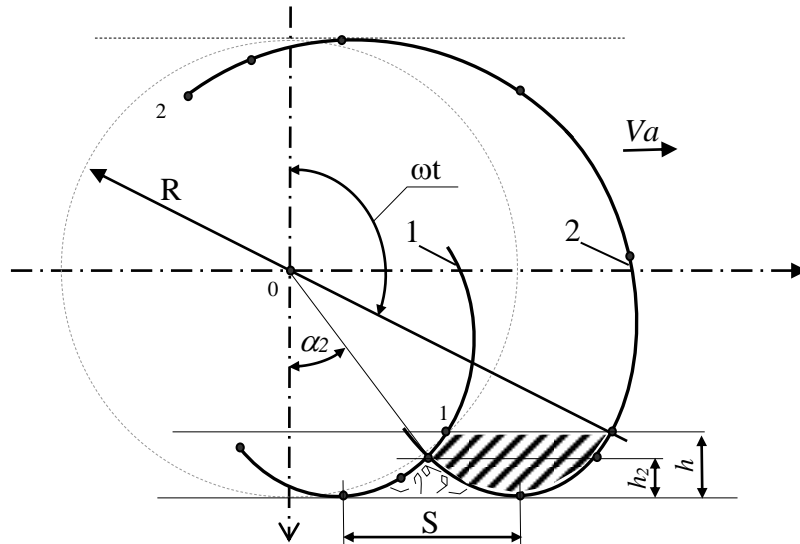


Рис. 2.21. Траєкторії руху точок, що належать відігнутих лезам ножів фрези ФНС-1,5 при швидкості агрегату $Va = 1,5$ м/с:

1 – траєкторія точок 1-го ножа, 2 – траєкторія точок 2-го ножа.

Траєкторія точок знаходиться із виразу:

$$h_2 = R (1 - \cos \alpha_2), \quad (2.168)$$

де R – радіус фрезерного барабану; α_2 – кут між вертикаллю і радіусом, що проходить через вершину гребінки.

Із формули (2.168) слідує: $\cos \alpha_2 = 1 - \frac{h_2}{R}$.

Зважаючи на те, що $\cos \alpha_2 \approx \alpha_2$, отримуємо:

$$\alpha_2 = 1 - \frac{h_2}{R} = 1 - \frac{0,02}{0,22} = 0,909, \quad \alpha = 24^\circ 38'.$$

Із виразу $\frac{\pi}{m} = \lambda \sin \alpha_2 - \alpha_2$ отримуємо:

$$m = \frac{\pi}{\lambda \sin \alpha_2 - \alpha_2}, \quad (2.169)$$

де m – число односторонніх ножів на одному диску;

λ – відношення поступальної швидкості агрегату до колової швидкості ножів (кінематичний коефіцієнт),

$$\lambda = \frac{V_o}{V_a} = \frac{\pi n R}{30 V_a}, \quad (2.170)$$

де n – частота обертання барабану,

$$\lambda = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 0,22}{30 \cdot 1,5} = 3,84; \quad m = \frac{3,14}{3,84 \cdot 0,417 - 0,43} = 2,68.$$

Використовуючи вираз (2.170), можна вирахувати максимально допустиму швидкість агрегату:

$$V_a = \frac{\pi R n \sin \alpha_2}{30 \left(\frac{\pi}{m} + \alpha_2 \right)}, \quad (2.171)$$

$$V_a = 1,20 \text{ м/с} = 4,32 \text{ км/год.}$$

Таким чином, для досягнення агротехнічних вимог до обробітку ґрунту швидкість руху агрегату не повинна перевищувати 4,32 км/год [55].

2.6 Аналіз процесу роботи катушкових висівних апаратів селекційно-насінницьких сівалок

Процеси, що протікають під час висіву в сівалках, важко змодельовати математично. Тому при розробці нової системи автоматичного управління висівом насіння (САУВН) важливе значення відіграють експериментальні дослідження нових технічних рішень. Для прискорення розробки згаданих технічних рішень, досліджень та впровадження в сівалки була необхідна розробка спеціального лабораторного стенду, що повністю моделює катушковий висівний апарат сівалок сімейства СН-16.

2.6.1 Обґрунтування конструкції стенду для досліджень катушкових висівних апаратів селекційно-насінницьких сівалок

При узгодженні швидкості руху сівалки з нормою висіву насіння виникає проблема, пов'язана з числом обертів катушок, що встановлені на валу [198]. Цю проблему дозволяє вирішити система автоматичного управління висівом насіння, яка здійснює автоматичну підтримку заданого режиму роботи катушкових висівних апаратів при будь-якій швидкості руху сівалки. Об'єктом регулювання тут є привод валу висівних апаратів (ВВА). Швидкість обертання валу електродвигуна задається відповідно заданій нормі висіву насіння і змінюється синхронно зі зміною швидкості руху сівалки, зберігаючи задане передаточне число η , що дорівнює відношенню числа обертів колеса сівалки до числа обертів ВВА, встановленому для заданої норми висіву насіння:

$$\eta = N_2 / N_1, \quad (2.172)$$

де η – передаточне число; N_2 – число обертів колеса сівалки, хв.⁻¹ ;
 N_1 – число обертів ВВА сівалки, хв.⁻¹ .

Запишемо відомі вирази для N_2 і N_1 :

$$N_2 = V_c / \pi D ; \quad (2.173)$$

$$N_1 = \frac{V_c m_p q}{100 m_2} , \quad (2.174)$$

де D – діаметр колеса сівалки, м; V_c – швидкість руху сівалки, м/хв.;
 m_p – кількість насіння, висіяного на 1 погонному метрі (пм) при заданій нормі висіву, шт.; q – маса 1000 шт. насіння, г; m_2 – маса насіння, що висівається катушкою за оберт ВВА, г.

Підставивши значення (2.173) і (2.174) у вираз (2.172), отримаємо наступний вираз для розрахунку передаточного числа:

$$\eta = \frac{100 m_2}{\pi D m_p q} . \quad (2.175)$$

Кількість насіння в 1пм рядка визначається за наступними виразами:

$$m_p = 10^{-4} Q_{шт} n, \quad (2.176)$$

$$m_n = 0,1 Q_r n, \quad (2.177)$$

де m_p – кількість насіння на 1 пм рядка, шт.; m_n – кількість насіння на 1 пм рядка, г; $Q_{шт}$ і Q_r норма висіву насіння на 1 га в шт. і г; N – відстань між рядками, м. Співвідношення m_p і m_n можна представити виразом:

$$m_p = \frac{1000 m_n}{q} = \frac{100 Q_r n}{q}, \text{ шт.} \quad (2.178)$$

Підставивши вираз (2.178) у формулу (2.175) і прийнявши значення $D = 0,48\text{м}$, отримаємо:

$$\eta = \frac{6,63 m_2}{Q_r n} \quad (2.179)$$

За отриманим виразом можна визначити коефіцієнт передачі електропривода при заданій нормі висіву насіння.

В результаті проведених досліджень отримана емпірична формула, що зв'язує число обертів ВВА, швидкість руху сівалки і передаточне число:

$$N_1 = 1,66 \frac{V_c}{\eta}, \quad \text{хв.}^{-1} \quad (2.180)$$

Управляюча дія в системі здійснюється комбінованим способом з використанням принципів відхилення і збурення. Причиною збурення є зміна швидкості руху сівалки, яка в свою чергу призводить до відхилення від заданого числа обертів приводу валу висівних апаратів. Розробка системи автоматичного управління висівом насіння необхідна з метою заміни механічної коробки передач в сівалці з катушковим висівним апаратом на електродвигун з системою управління за програмою, що знаходиться в мікроконтролері. Для відпрацювання режимів роботи сівалки з використанням системи автоматичного управління висівом насіння (САУВН) необхідно було створити спеціальний лабораторний стенд для досліджень режимів роботи висівних апаратів, обладнаний ручним і автоматичним

управлінням, який складався б з електродвигуна з напругою живлення 12В (імітуючи напругу АКБ трактора, що агрегатується з сівалкою) для передачі обертання через редуктор вала з установленими на ньому котушковими висівними апаратами, пристроїв для завантаження, розвантаження і зважування насіння. Стенд повинен бути обладнаний імітатором колеса сівалки, що включає електродвигун з редуктором, на якому встановлений магнітоуправляючий датчик, при цьому другий датчик встановлений на валу електродвигуна приводу ВВА. Сигнали з датчиків поступають на персональний комп'ютер (ПК) і мікропроцесорний блок управління (МБУ). За допомогою мікропрограми в мікроконтролері МБУ здійснює управління режимами роботи висівних апаратів і контроль сигналів датчика дає моніторинг режимів роботи стенду. Швидкість обертання котушок встановлюється зміною числа обертів двигуна, які регулюються зміною частоти імпульсів, що поступають від МБУ у відповідності з частотою імпульсів, які поступають на МБУ від датчиків і заданих дистанційно, від персонального комп'ютера, співвідношенням η . МБУ працює за програмою, що знаходиться в програмній пам'яті мікроконтролера. Стенд повинен дозволяти відслідковувати роботу програми при будь-яких змінах режиму сівби. ПК змінює частоту обертання вала двигуна відповідно швидкості, яка моделюється на датчику колеса, що дозволяє вивчати висів насіння на різних швидкостях. Редуктор підбирається з таким коефіцієнтом передачі, що дозволяє моделювати швидкість руху сівалки в діапазоні від 1 до 12 км/год. Структура блок-схеми взаємодії програми з двигуном наведена на рис. 2.22.

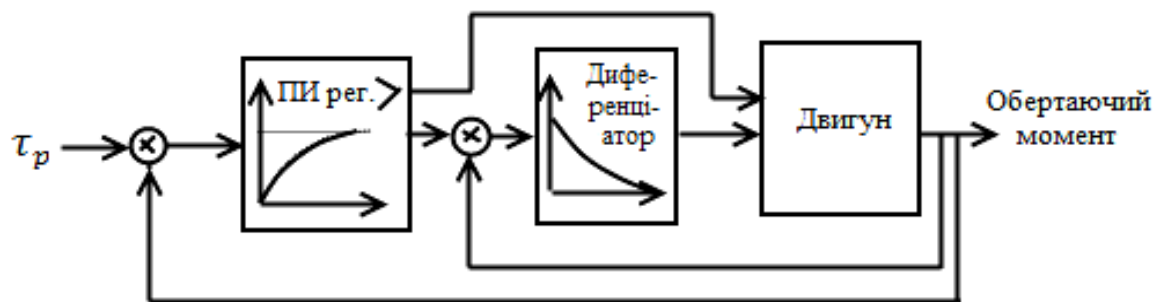


Рис. 2.22. Структура блок-схеми взаємодії програми з двигуном

Для розрахунку числа обертів вала висівних апаратів $N_{1.i}$ передаточного числа η запропоновані формули отримані графоаналітичним способом:

$$N_1 = \frac{Vc \cdot Q_{\Gamma} \cdot n}{10 \cdot m_2}, \quad (2.181)$$

$$\eta = \frac{6,63 \cdot m_2}{Q_{\Gamma} \cdot n} \quad (2.182)$$

де Vc - швидкість сівалки, $m \cdot c^{-1}$; Q_{Γ} – норма висіву насіння, кг/га; n – відстань між рядками, м; m_2 – вага насіння, що викидаються за один оберт ВВА, г.

Мікропроцесорний блок управління виконує функції з підтримання обертання вала висівних апаратів в заданому режимі, розрахованому за формулою (3.1) у відповідності з розрахованим за формулою (3.2) передаточним числом η за формулою:

$$\tau_p = \tau_k \cdot \frac{\eta}{64}, \quad (2.183)$$

де τ_p – розрахована тривалість спрацювання датчика двигуна, мс;

τ_k – тривалість спрацювання датчика колеса, мс.

Система автоматичного управління висівом насіння передбачає замкнутий стан регулювання. Оскільки вал висівних апаратів працює в умовах стрибкоподібної зміни опору обертанню, дослідження регулювання його обертання проводяться за пропорційно-інтегрально-диференціюючим законом (ПІД) закону [85]. Підтримка розрахункового значення числа обертів двигуна за ПІД законом показала, що стан системи залежить від рівня навантажень на вал і швидкості обертання вала двигуна. Параметри регулювання підбираються так, щоб час встановлення перехідних процесів був однаковий при різних швидкостях обертання вала. Характеристики перехідних процесів в системі представлені на рис. 2.23.

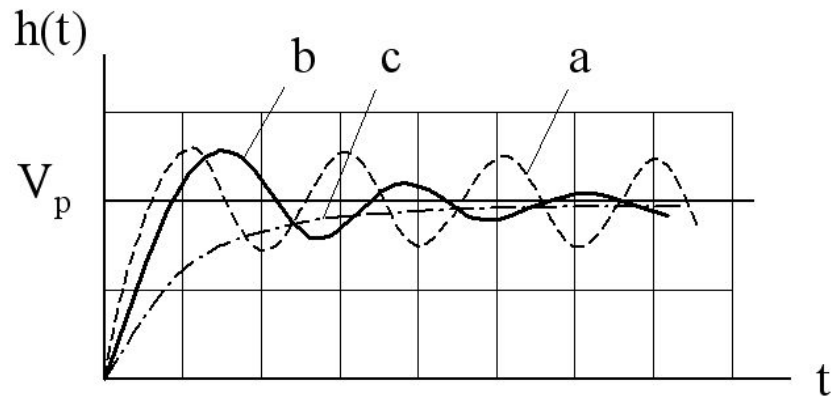


Рис. 2.23. Характеристики перехідних процесів в системі:

а – при швидкості обертання 20 c^{-1} ; б – при швидкості обертання $65\text{-}20 \text{ c}^{-1}$; в – при максимальній швидкості обертання вала двигуна 80 c^{-1}

Дослідженнями встановлена нестійка робота двигуна при швидкостях обертання вала менше 20 c^{-1} , що пов'язано з великою нелінійністю механічної потужності, яка віддається (рис. 2.24).

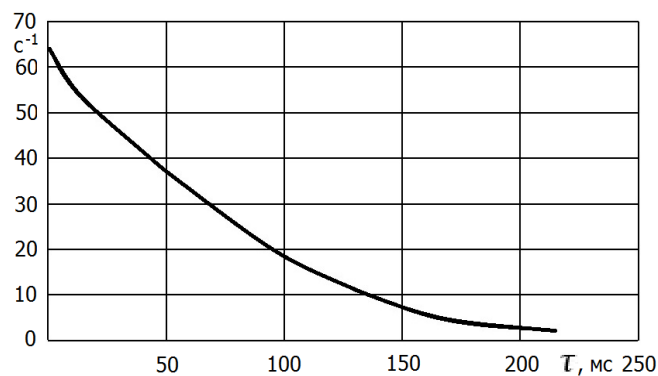


Рис. 2.24. Залежність швидкості обертання вала двигуна від тривалості паузи τ у відліках ($1\text{-відлік} = 1,28 \cdot 10^{-4}\text{с}$)

При моделюванні процесу в якості міток часу програма використовувала факт отримання тривалості періоду обертання вала двигуна. Перехідні процеси спостерігаються, як при зміні швидкості сівалки, так і при зміні напруги живлення двигуна. Найбільший практичний інтерес представляють швидкості обертання вала двигуна в області $55\text{-}15 \text{ c}^{-1}$, що відповідає швидкості руху сівалки $2,9\text{-}11,4 \text{ км/год}$ при понижуючому

редукторі з передатним числом $i = 31$. Для визначення поведінки системи висіву за точністю передачі швидкості обертання колеса до швидкості обертання валу двигуна ВВА були побудовані залежності тривалості періодів спрацювання датчика двигуна від тривалості періодів спрацювання датчика колеса сівалки при різних коефіцієнтах передачі (рис. 2.25).

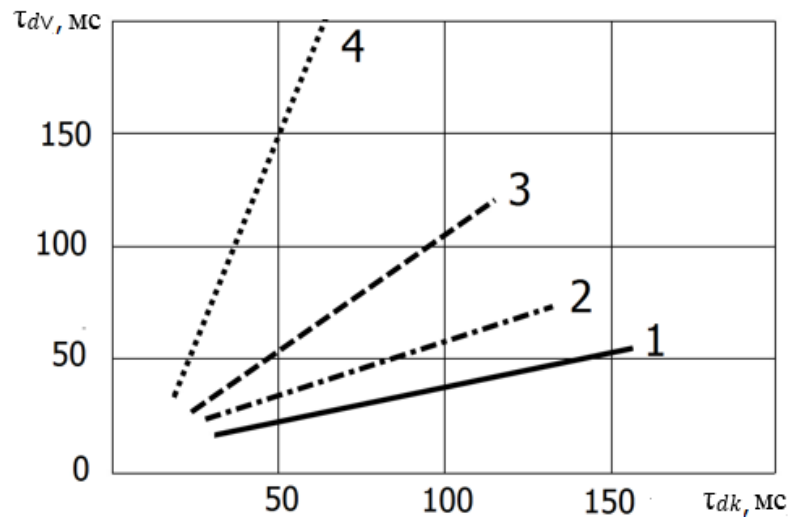


Рис. 2.25. Залежності тривалості періодів спрацювання датчика двигуна ВВА (τ_{dv}) від тривалості періодів спрацювання датчика колеса (τ_{dk}) при різних коефіцієнтах передачі:

1–18; 2–32; 3–64; 4–192

Тривалості спрацювання датчиків більше 100 мс приведені усереднені, оскільки система працює в режимі перерегуляції. Налаштування системи на менші швидкості обертання призводить до дуже великого часу регуляції переходу швидкості обертання валу, що зменшує ефективність процесу підтримки встановленого режиму роботи сівалки.

Для управління стендом-сівалкою необхідна розробка пульта управління, що складається з тумблерів, амперметрів, вольтметра, джерела живлення постійного струму до 4А (при 12В) і силового ключа з тумблером і потенційним входом управління. Джерело постійного струму повинно мати в своєму складі потенціометр, що дозволяє плавно регулювати величину струму і тумблер з акумулятором (емуляція бортової електричної системи трактора), через тумблер і амперметр з імітатором колеса сівалки (ІКС),

через тумблер режиму стану «автомат» з двигуном ВВА, амперметр (середній струм двигуна), вольтметр (середня напруга на двигуні) джерело нульового струму двигуна, тумблер режиму в стані «автомат» підключає двигун ВВА до силового ключа, а в режимі «ручний» - до джерела постійного струму з датчиками ВВА і ІКС під'єднаними до роз'єму підключення МБУ. Роз'єм підключення МБУ через згладжуючий фільтр (0,5с) підключений до шини живлення, а вихід управління двигуном ВВА від МБУ підключений на управляючий від струмового ключа (до 25А).

Для МБУ повинна бути розроблена спеціальна програма, що дозволяла б вводити параметри і управляти стендом, при введених параметрах, в відповідності з режимами, представленими в таблиці 2.2, змінюються функції клавіш МБУ.

Таблиця 2.2

Режими і функції клавіш МБУ

Функції клавіш клавіатур, режими			
№ п/п	0	1	2
0	„+” довжина імпульсу +1	„+” довжина періоду заданого+1	„+” коефіцієнт передачі +0,1
1	„-” довжина імпульсу -1	„-” довжина періоду заданого -1	„-” коефіцієнт передачі -0,1
2	„+” довжина паузи + 1	„+” довжина періоду заданого +256	„+” довжина сівби по +0,1 м
3	„-” довжина паузи -1	„-” довжина періоду заданого -256	„-” довжина сівби по - 0,1 м
4	Перемикання режимів 0→1→ 2→ 3→ 4		
5	Вмикання двигуна ВВА		
6	Рестарт	Вм/вим зв'язок з ПК	Тестовий висів 10м
7	Зупинка двигуна ВВА/ відміна помилки		

Вмикання двигуна ВВА різне і залежить від режиму, з якого воно проводиться. Режим 0: клавіша 0 „+” при кожному натиску клавіші - збільшення довжини подачі струмового імпульсу на двигун ВВА на одиницю (1 одиниця = $1,6 \cdot 10^{-4}$ с); залежність швидкості обертання якоря двигуна ВВА від довжини імпульсу, як показано на рис. 2.26, нелінійна і показує, що занадто мале значення довжини імпульсу не приводить до повороту якоря, а велике - порушує можливість контролю швидкості його обертання.

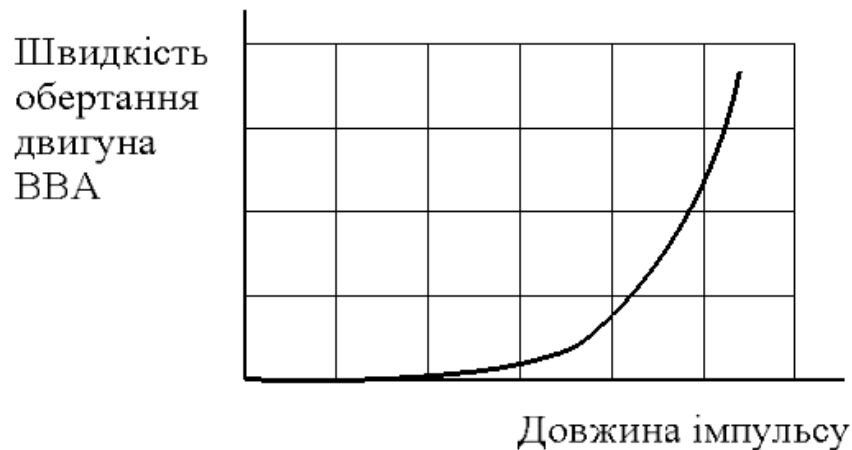


Рис. 2.26. Залежність швидкості обертання якоря двигуна ВВА від довжини імпульсу

Клавіша 1 „-“ зменшення довжини імпульсу на одиницю; клавіша 2 „+“ збільшення довжини паузи (період відсутності струму на двигун ВВА, в тій же розмірності, що і управління імпульсом); клавіша 3 „-“ зменшення довжини паузи на одиницю. Режим 1: клавіші 0 і 2 збільшення коефіцієнта підтримки обертання ВВА з датчика ІКС; клавіші 1 і 3 зменшення цього ж коефіцієнта. Клавіша 6 забезпечує зв'язок з ПК, Режим 2: клавіша 0 „+“ збільшення коефіцієнта передачі на 0,1 одиниці (1 оберт ІКС забезпечує і оберт ВВА); клавіша 1 „-“ зменшення коефіцієнта передачі на 0,1 одиниці; клавіша 2 „+“ збільшення довжини тестового висіву на 0,1м; клавіша 3 „-“ зменшення. Клавіша 6 в різних режимах забезпечує поновлення роботи МБУ зв'язок з ПК та тестовий висів на ділянці довжиною 10 м, після чого ВВА зупиняється.

Для дослідження впливу швидкості обертання ІКС на ВВА через МБУ при різних коефіцієнтах передачі спеціально розробленою програмою Stend знімався сигнал з датчиків ІКС і ВВА. Програма Stend будувала залежність взаємовідношень цих сигналів на екрані монітору ПК. Приклади скріншотів цих залежностей приведені на рис.2.27 (а, б, в).

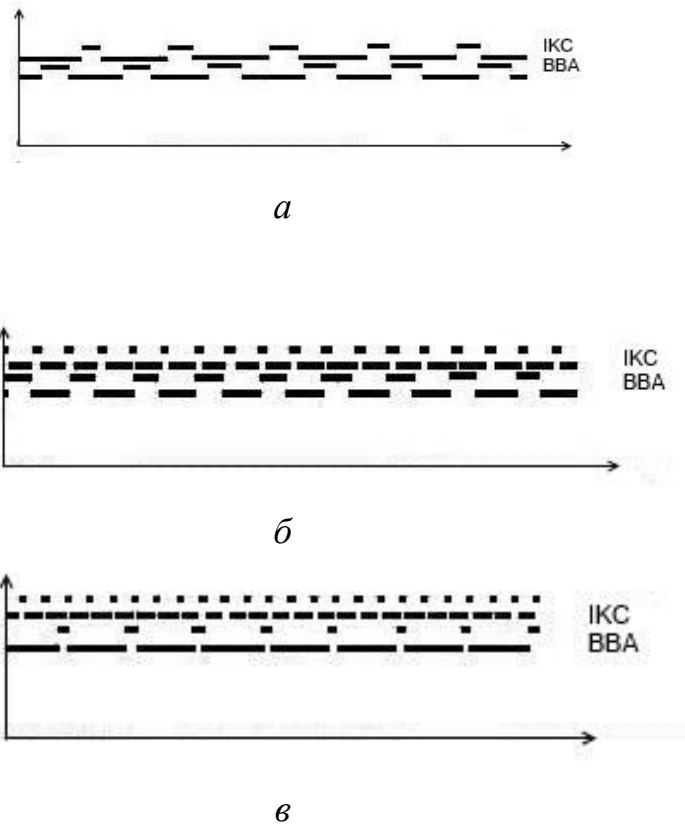


Рис. 2.27. Скріншоти залежностей роботи ІКС і ВВА при передаточних числах :

$a - 0,5$; $b - 1,0$; $v - 1,5$ за програмою Stend для ПК

На рис. 2.27, а – скріншот, що показує підтримку обертів ВВА при передаточному числі з ІКС – 0,5, на рис. 2.27, б – передаточне число з ІКС на ВВА - 1,0, на рис. 2.27, в – передаточне число 1,5.

Програма Stend не передбачає можливості вводу параметрів у мікроконтролер МБУ, ПІД- регулювання паузи ($\tau_{\text{паузи}}$) імпульсами на двигун здійснюється за формулою:

$$\tau_{\text{паузи}} = \tau'_{\text{паузи}} [\tau_{\text{роз.}} - \tau_{\text{вим.}}] + K_n + K_d \left[\frac{\tau_{\text{вим.}} - \tau'_{\text{вим.}}}{\Delta t} \right], \quad (2.184)$$

$$\tau_{\text{вим.}} = \frac{\tau'_{\text{вим.}} \times K_{\text{згл.}} + \tau_{\text{датч.}}}{K_{\text{згл.}} + 1}, \quad (2.185)$$

де K_n , K_d - коефіцієнти потенційний і диференційний;

$K_{\text{згл.}}$ - коефіцієнт згладжування;

$\tau_{\text{вим.}}$, $\tau'_{\text{вим.}}$, $\tau_{\text{роз.}}$, $\tau_{\text{датч.}}$ - періоди вимірювань, попереднього, розрахункового і одержаний з датчика.

Це пов'язано з великою складністю процесу налагодження, адаптивна функція неможлива по причині обмеженості об'єму програмної пам'яті мікроконтролеру.

Таким чином, наведена система автоматичного цифрового регулювання передаточним відношенням від колеса до катушкових висівних апаратів селекційної сівалки підготовлена для дослідної перевірки.

Наведену методику побудування і розрахунку технологічних параметрів схеми дослідження висівних апаратів катушкового типу наведено в роботах [48,65].

2.6.2 Обґрунтування принципу оптимізації технологічної схеми сівалки для енергоощадних технологій в селекції і насінництві

Сутність принципу оптимізації технологічної схеми найбільш поширених селекційно-насінницьких сівалок сімейства СН-16, що містить раму, зубчасто-ланцюговий передавальний механізм приводу вала висівних апаратів, насінневий ящик, сошниковий брус з дводисковими сошниками, опорно-приводні колеса, насіннепроводи і загортачі в тому, що замінюється зубчасто-ланцюговий передавальний механізм приводу валу висівних апаратів сівалки на електропривод, живильний від електросистеми трактора, механічно не зв'язаний з привідним колесом сівалки, керований мікропроцесорним блоком управління (МБУ), що дозволяє плавно, в широкому діапазоні, регулювати норму висіву насіння і виконувати висів з високою точністю [106].

Електромеханічний привод катушкових висівних апаратів селекційної сівалки включає редуктор, вхідний вал якого зв'язаний з електродвигуном, а вихідний вал через пальцеві муфти з валом висівних апаратів. МБУ, управляючий числом обертів двигуна, в відповідності з даними

електромагнітного датчика пройденого шляху, розташованого на нерухомій осі колеса сівалки в корпусі і заданим передавальним числом. Датчик пройденого шляху, змонтований біля опорного колеса, з'єднаний кабелем датчика з МБУ. Електрична блок-схема системи керування рис. 2.28 складається з консолі (клавіатура, індикатор і звуковий сигналізатор) 1, електродвигуна 2, МБУ 3, кабелю електропривода 4, кабелю консолі 4, кабелю датчика пройденого шляху 6, датчика пройденого шляху 7 встановленого біля опорного колеса 8 і кінцевого розривача 9. Живлення МБУ здійснюється від електрообладнання трактора через кабель 10.

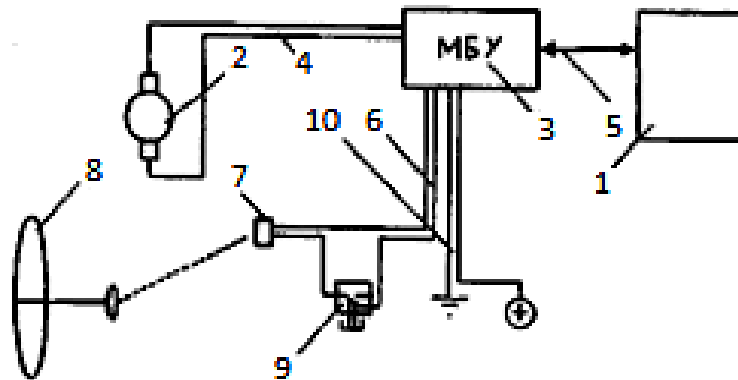


Рис. 2.28. Електрична блок-схема системи управління

Функціональна схема МБУ (рис. 2.29) складається із мікропроцесорного контролера Д1, що містить в середині мікрокомп'ютер (оперативно-запам'ятовуючий пристрій – ПЗП з програмою роботи, вмонтованого таймера і портів вводу-виводу), кварцового резонатора КВ1 що формує сигнал 1 від датчика пройденого шляху А1, і перетворювача рівня сигналу А2 по проводу 2 для струмового ключа Д7 (різного залежно від типу двигуна), звукового генератора Д8, блока живлення Д9, перетворюючого напругу живлення сітки електроживлення трактора у величини допустимі для мікроконтролера, схеми формування скидання мікроконтролера Д10 по проводу 3 для нештатних ситуацій і комплекту регістрів Д2...Д6 для установки рідко змінних сигналів до індикатору, звуковому генераторі і

клавіатурі. Живлення МБУ здійснюється через кабель 4, електропривода через кабель 5 і електродвигуна – через кабель 6.

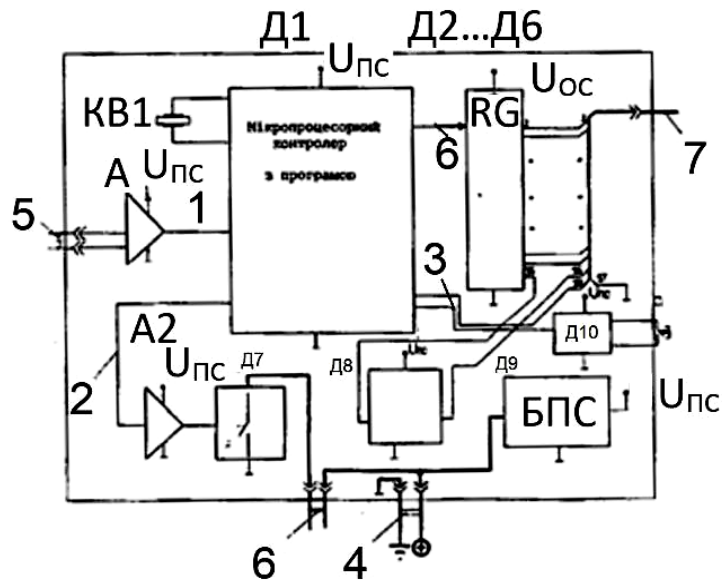


Рис. 2.29. Функціональна схема МБУ

Мікроконтролер Д1 працює по програмі в ПЗП, що стежить за сигналами з датчика пройденого шляху з клавіатури і внутрішнього таймеру. Програма, закладена в ПЗП мікроконтролера, може багатократно замінюватись на одній і тій же мікросхемі в залежності від необхідних умов роботи, зміни обладнання чи в разі розробки кращих версій. За одержаними дослідними даними на стенді розроблена програма, яка в відповідності з одержаними сигналами від датчика шляху, внутрішнього таймеру і клавіатури видає імпульси на електродвигун, звуковий генератор і індикатор.

Для роботи сівалки на клавіатурі консолі, яка дозволяє вводити параметри і переключати режими роботи МБУ, виставляється необхідне передаточне число на індикаторі консолі. Сівалка встановлюється на стартову позицію, з клавіатури консолі вмикається робочий режим і перша зміна стану сигналу датчика пройденого шляху запускає електродвигун (подаються управляючі імпульси на струмовий ключ Д7), вмикається індикація робочого режиму і подається звуковий сигнал з консолі. Далі

змінний сигнал від датчика до МБУ. МБУ слідить за сигналом датчика пройденого шляху, вираховуючи швидкість руху сівалки i , в відповідності, з введеним передавальним числом, вираховує швидкість обертів валу електродвигуна. За одержаним значенням виробляються управляючі імпульси 2 для електродвигуна i , в залежності від їх частоти, змінюється швидкість обертання валу електродвигуна, що дозволяє проводити плавне регулювання обертів двигуна, а отже і висівних апаратів в широкому діапазоні. В разі зникнення сигналу з датчика пройденого шляху чи виходу його за граничні параметри сівба припиняється, подається візуальний і звуковий сигнал з консолі. Зупинка сівби може бути виконана як відривом опорного колеса сівалки від поверхні ґрунту (що приводить до розриву ланцюга датчика пройденого шляху кінцевим розривачем), з клавіатури консолі і натиском кнопки скидання. В останньому разі параметри передатного числа для продовження роботи необхідно ввести знову. Розрив ланцюга датчика пройденого шляху МБУ сприймає як розворот сівалки і переходить в режим очікування на 5 хвилин, про що сигналізує через консоль. Не відновлення ланцюга датчика 7 за 5 хвилин, в робочому режимі, розцінюється МБУ як обрив кабелю 5 , що призводить до скидання режиму сівби і блокування МБУ до натиску кнопки скидання для сигналізації обриву. Для полегшення експлуатації і усунення неполадок повинен бути передбачений режим тестування обладнання, в якому можна контролювати роботу датчика, кінцевого розривача 7 , звукового сигналізатора і електродвигуна. Останній використовується для налагодження катушок на норму висіву.

Наведена технологічна схема сівалки навісної селекційно-насіницької захищена патентом України № 55609 [250].

2.7 Обґрунтування принципу оптимізації технологічної схеми сівалки селекційної автономного висіву

Для мінімізації енергетичних витрат на другому етапі селекційних робіт має обґрунтований вибір конструкції універсальної навісної селекційної сівалки з висівними апаратами автономного розподілу і висіву різних номерів насіння. Рама конструкції даної сівалки може бути використаною для оснащення висівним апаратом автономного типу, яка б задовольняла умовам висіву на другому етапі селекційних робіт - в кожний сошник висівати свій номер насіння. Базові сівалки ряду СКС мають конструкцію приводу, який здійснюється тільки від синхронного валу відбору потужності самохідного шасі Т-16, на якому встановлена привідна зірочка [162]. Від привідної зірочки оберти передаються на контрпривід, на валу якого є муфта, що приводить в роботу привід при опусканні сошників в ґрунт і відключає його при підйомі сошників. З вала контрприводу оберти передаються на привідну зірочку коробки передач, а з неї – на привід висівних апаратів і коробку з програмним пристроєм. До інших недоліків належать конструктивні рішення всіх вузлів сівалки, які, за виключенням сошникової групи і слідорозпушувача, встановлюються на рамі шасі Т-16М. В попередні часи Т-16М, як правило, виводилось з господарської експлуатації в насіннево-дослідному господарстві при установці на нього такої сівалки, оскільки установка її і налагодження були трудомісними і вимагали спеціальних умов. Згідно з агрострокками селекціонери використовували сівалку, яка встановлена на шасі, протягом 14-28 днів на рік. Таким чином шасі Т-16М виводилось з експлуатації в господарствах від півроку до року. Крім того завод – виробник зняв його з виробництва. Відома начіпна селекційно-насінницька сівалка Клен, яка начіплюється на трактор позаду для висіву на багаторядкових ділянках третього етапу, де у всі рядки ділянки висівається насіння одного і того ж сорту з висівним апаратом порційного типу - порція насіння висівається на ділянці заданої довжини [158], і аналогічно, як СЦН-10, не може бути використана для посіву зернових, зернобобових і круп'яних культур з дотриманням агротехнічних вимог, що пред'являються до другого етапу селекційно-насінницьких робіт.

Тому задача розробити конструкцію універсальної начіпної селекційної сівалки з висівними апаратами автономного розподілу (для другого етапу) і висіву різних номерів насіння і поставити на виробництво є актуальною (додаток А).

Поставлена задача вирішується тим, що сівалка начіпна селекційна касетна (СНСК-6) містить раму, опорно-приводне колесо, опорне колесо, насіннепроводи, висівні апарати з конусами, прикочувальні котки, коробку передач, програмну коробку, згідно винаходу на рамі встановлений касетний стіл з касетами, які містять окремі чарунки з'єднані з сошниками насіннепроводами через висівні апарати для висіву насіння різних номерів, а конуси висівних апаратів встановлені всередині їх корпусів і з'єднані кінчними передачами з валом приводу висівних апаратів, з'єданого з коробкою передач і програмною коробкою для управління обертами цих конусів, при цьому касетний стіл розміщений уздовж осі руху сівалки з можливістю доступу до нього і до касет з двох сторін.

Кінематична схема сівалки представлена на кресленнях рис. 2.30.

Сівалка працює наступним чином. При переміщенні по полю опорно-приводне колесо сівалки приводить до обертання вал і дозатори висівних апаратів. Насіння з вічок касет по насіннепроводах надходить в дозатори, які рівномірно розподіляють їх на довжину посіву. З дозаторів насіння по насіннепроводах надходить в сошники і висівається в борозни. Конструкція сівалки по сошникам уніфікована з дводисково-анкерними вузлами і універсальними сошниковими вузлами для селекційних сівалок. Прикочувальні котки, які закріплені до сошників, закривають борозни.

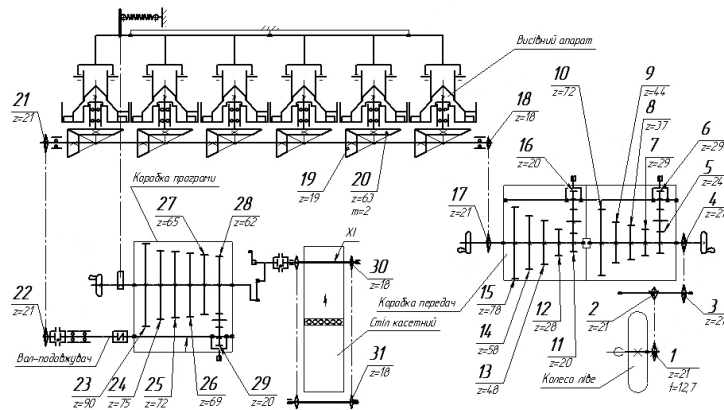


Рис. 2.30. Схема кінематична сівалки навісної селекційної касетної СНСК-6 для II етапу :1-2, 3-4, 17-18, 21-22, 30-31– ланцюгові передачі; 5-6, 11-16, 28-29 – зубчасті передачі; 7-10, 12-15 – шестерні коробки передач; 19-20 – конічно-трибова передача; 23-27 – шестерні коробки програми

Робота сівалки при налагодженні на автоматичне завантаження насіння в висівний апарат і автоматичному формуванні між'ярусних доріжок проходить в наступній послідовності.. Під час робочого руху агрегату обертання від привідного колеса сівалки, відповідно до рис. 2.30, передається на коробку передач, трибові колеса якої включені на задану довжину висіву. Від коробки передач через ланцюгову передачу $Z_{17} - Z_{18}$, ланцюгову передачу $Z_{21} - Z_{22}$ і зубчасту передачу $Z_{28} - Z_{29}$ обертання передається на вал коробки програми, на якому знаходяться кулачок і кривошип кривошипно-шатунного механізму стола касетного.

Перед початком робочого руху агрегату вал стола касетного вручну за руків'я встановлюють на початок висіву. Потім транспортер стола касетного вручну прокручують так, щоб насіння з першої касети висипалось в циліндр. Після цього розпочинають робочий рух агрегату, при цьому кулачок звільнить важіль, який під дією пружини підніме циліндр, і насіння з нього по конусу висиплеться в дозатор. За час проходження агрегатом встановленої довжини висіву дозатор зробить один повний оберт і рівномірно передасть все насіння на сошник. За цей час транспортер касет переміститься на один

крок і з наступної касети насіння висиплеться в циліндр. При подальшому рухові агрегату насіння не висівається, оскільки його немає в дозаторі. Таким чином формується між'ярусна доріжка. За час проходження агрегатом відстані, що дорівнює установленій включенням відповідних трибкових коліс програмної коробки ширині між'ярусної доріжки, кулачковий вал завершить перший повний оберт від початку робочого руху і висипле в дозатор наступну дозу насіння і в цю ж мить розпочнеться її висів.

Далі процес повторюється до висіву насіння з усіх касет.

Наведені ознаки обумовлюють сумісність висівного апарату автономного типу з касетним столом, з касетами, чарунками і транспортною системою їх подачі, висівним апаратом з висівними конусами. В залежності від встановленого висівного апарату начіпна селекційно-касетна сівалка може бути налаштована на висів насіння, наприклад, в десять сошників, або в шість при автономному висіві насіння.

Таким чином, наявність відмітних ознак у сукупності ознак і сама сукупність суттєвих ознак знаходяться у причинно-наслідковому зв'язку з досягнутим технічним результатом, а саме, вказана сукупність ознак підвищує ступінь уніфікації сівалок начіпних селекційно-насінницьких касетних і забезпечує можливість додаткового використання їх як посівних машин для селекційних робіт при висіві кожним сошником свого номера насіння.

Наведену схему сівалки навісної селекційної касетної СНСК-6 з апаратом автономного висіву захищено патентом України № 107439 [254].

2.8 Взаємозв'язок експлуатаційних особливостей роботи робочих органів з їх параметрами і режимами роботи

При обґрунтуванні експлуатаційних параметрів селекційно-насінницьких начіпних сівалок, висівних робочих органів і машин для ґрунтообробітку одними із головних є їх уніфікація і вага через те, що

невиправдане їх ускладнення і завищення маси можуть призвести до обтяження умов оперативності виконання технологічних процесів і зменшення їх надійності.

В п. 2.1 даної роботи це питання було вирішено шляхом аналізу технологічних показників. Для визначення експлуатаційних параметрів розглянемо баланс споживаної потужності робочих органів і машин.

Селекційно-насіницькі сівалки модельного розглядались з 13-ма висівними робочими органами, селекційні – з 6-ма.

Згідно конструктивно- технологічній схемі модернізації сівалок модельного ряду СН–16, повний тяговий опір сівалки складається:

$$R = R_{\Pi} + R_C + R_K , \quad (2.186)$$

де R_{Π} – тяговий опір сівалки на перекочування; R_C - тяговий опір сошникових секцій; R_K - тяговий опір котків, що прикочують.

Тяговий опір сівалки на перекочування визначається за формулою:

$$R_{\Pi} = fmg , \quad (2.187)$$

де $f = 0,12$ – коефіцієнт опору руху по поверхні ґрунту; $m = 460$ кг – маса сівалки СН–16; $g = 9,81$ м/с² – прискорення вільного падіння.

Тяговий опір сошникових секцій визначали експериментальним шляхом (підрозділ 4.4).

Тяговий опір котків, що прикочують, визначається за формулою Грандвуане–Горячкіна [184]:

$$R_K = 0,863 \sqrt{\frac{P^4}{bqD^2}} , \quad (2.188)$$

де P – зусилля тиску котка на ґрунт; b – конструктивна ширина захвата котків; q – коефіцієнт об’ємного зім’яття ґрунту.

Необхідне тягове зусилля трактора визначається з умови енергетичної раціональності агрегату [197, 198]:

$$\eta_{\text{доп}} \geq R / P_{\text{кр}}, \quad (2.189)$$

де $\eta_{\text{доп}}$ – допустимий коефіцієнт використання тягового зусилля трактора, для посіву $\eta_{\text{доп}} = 0,96$.

Максимально можлива швидкість агрегату в залежності від кривокової потужності трактора и необхідного кривокового зусилля визначається за формулою [217]:

$$v = \frac{3,6N_{\text{кр}}}{P_{\text{кр}}^{\text{max}} + m_T g}, \quad (2.190)$$

де $N_{\text{кр}} = 34,9$ кВт – кривокова потужність трактора МТЗ-82 на 5 передачі;

$m = 3210$ кг – маса трактора МТЗ-82;

З урахуванням буксування дійсна робоча швидкість агрегату визначається за формулою:

$$v_p = v \left(1 - \frac{\delta}{100} \right), \quad (2.191)$$

де $\delta = 10\%$ – буксування колісного рушія по поверхні ґрунту.

З врахуванням умов згідно [28], на основі значень v_p и B_p визначається продуктивність агрегату за годину часу робочої зміни за формулою [217]:

$$W = 0,1B_p v_p \tau, \quad (2.192)$$

де $\tau = 0,75$ – коефіцієнт використання часу робочої зміни.

Результати розрахунків за формулами (2.186-2.192) наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Експлуатаційні параметри сівалки з запропонованими робочими органами

Параметри	Комбінований вузол зі сошниками			Дисково-анкерний сошник
	Стріловидним	3 роликом-		

	носком	розсіювачем	Стріловидним	
Крюкове зусилля, Н	7998,4	8932,7	7714,0	5615,0
Робоча швидкість, км/ГОД.	2,86	2,79	2,88	3,05
Продуктивність агрегату, га/год.	1,39	1,36	1,40	1,48

Визначимо характеристики потужності обробітку ґрунту фрезою ФНС-1,5 з модернізованими робочими органами.

Потужність, необхідна для фрезерування [194, 197, 198] має наступні складові:

$$N = N_n + N_p + N_o \quad (2.193)$$

де N_n – потужність на переміщення агрегату; N_p – потужність різання ґрунту; N_o – потужність відкидання ґрунту.

Для порівняння фрезерного і комбінованого агрегатів необхідно оцінити потужність робочого процесу $N_{pn} = N_p + N_o$.

Оцінюючий розрахунок виконаємо за допомогою формули:

$$N = M_c \omega, \quad (2.194)$$

де M_c – момент сили на валу барабана;

ω – кутова швидкість барабану.

Схема положення ножа фрези в ґрунті показана на рис. 2.31.

Аналізуючи розподіл зусиль на ніж (рис. 2.31), що знаходиться в ґрунті, робимо висновок, що загальне зусилля опору ґрунту руху ножа дорівнює:

$$P_i = P_o + P_h \quad (2.195)$$

де : P_b – зусилля опору відігнутої частини;

P_h – зусилля опору прямої частини ножа.

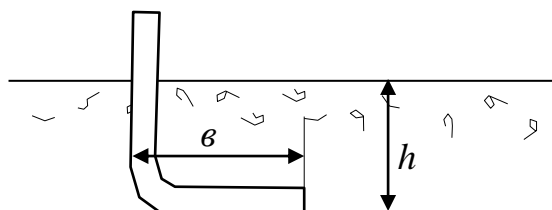


Рис. 2.31.Схема положення ножа в ґрунті

Приймаємо зусилля відігнутої частини ножа постійним за величиною під час руху в ґрунті:

$$P_b = qb, \quad (2.196)$$

де q – питомий опір ґрунту; b – ширина відігнутої частини ножа.

Очевидно, зусилля прямої частини ножа збільшується від 0 до максимальної величини на глибині h . Звівши його до точки згинання на глибині h зі значною частиною наближення можна вважати, що $P_h = \frac{q}{2} \cdot h$.

З урахуванням (2.193), (2.194), (2.195), (2.196) отримуємо:

$$M_c = \left(qb + q \frac{h}{2} \right) R = q \left(b + \frac{h}{2} \right) R \quad (2.197)$$

Для одного ножа з виразу (2.194) отримуємо:

$$N_1 = \frac{\pi q \left(b + \frac{h}{2} \right) R n}{30} \quad (2.198)$$

Кількість ножів, які одночасно здійснюють різання, розраховується, якщо відома довжина l лінії різання:

$$\frac{l}{h} = 3.00; \quad l = h \cdot 3.00 = 0.08 \cdot 3 = 0.24 \text{ м}$$

Тоді кількість ножів, що знаходиться в зоні різання:

$$Z_p = \frac{m_\phi \cdot 0,24}{2\pi R}, \quad (2.199)$$

де m_ϕ – загальна кількість ножів фрези, $Z_p = 8,34$.

З врахуванням (2.198) і (2.199):

$$N_p = \frac{\pi q \left(b + \frac{h}{2} \right) R n \cdot Z_p}{30},$$

$$N_p = \frac{3.14 \cdot 3000(0.071 + 0.08) \cdot 0.22 \cdot 250 \cdot 8.34}{30} = 21.75 \text{ кВт.}$$

Потужність відкидання ґрунту становить від 10 до 15% від загального об'єму енергетичних затрат, при розрахунку потужності фрезерування робочими органами ФНС-1,5 базової комплектації:

$$N_o = \frac{0,15N_p}{1 - 0,15} \approx 3,84 \text{ кВт, } N_{\text{р.п.}} = 21,75 + 3,84 = 25,59 \text{ кВт.}$$

В комбінованому фрезерному агрегаті легко відігнуті ножі прорізають в ґрунті канавки шириною 0,04 м, по яких рухаються культиваторні робочі органи, теоретично створюючи ґрунтове ложе без бугорків, тобто рівне. Якість відповідає агровимогам.

Загальну потужність на привід фрези ФНС-1,5 з комбінованими робочими органами визначимо за формулою:

$$N_{\text{к.р.п.}} = N_p + N_o + N_k, \quad (2.200)$$

де N_k – потужність, що витрачається на подолання опору культиваторним робочим органом.

Величина відгину ножа барабана комбінованого фрезерного барабану $B = 0,02\text{м}$. При однаковій глибині обробітку і кінематичних параметрах:

$$N_p = \frac{3.14 \cdot 3000(0,02 + 0,08) \cdot 0,22 \cdot 250 \cdot 8,34}{30} = 14,4 \text{ кВт,}$$

$$N_o = \frac{0,15 \cdot 14,4}{0,85} = 2,54 \text{ кВт.}$$

$$N_k = q(B - m_\partial \cdot b_\partial) \cdot V_a, \quad (2.201)$$

де m_∂ – кількість дисків барабану фрези; b_∂ – ширина канавки, що вирізається; B – ширина захвату агрегату,

$$N_k = 3000(1,5 - 12 \cdot 0,04) \cdot 1,2 = 3,67 \text{ кВт.}$$

Потужність фрезерування фрезою ФНС-1,5 з комбінованими робочими органами:

$$N_{к.р.п.} = 14,4 + 2,54 + 3,67 = 20,61 \text{ кВт.}$$

Порівнюючи результати розрахунків потужність на привід фрези ФНС-1,5 базової комплектації і з комбінованими робочими органами, робимо висновок, що комбінований фрезерний агрегат готує ґрунтове ложе для насіння з високою якістю при меншій енергоємності робочого процесу [55].

Висновки до розділу 2

1. Системний аналіз моделі процесу селекційно-насінницьких посівів дозволив визначити, що для вирішення цільової функції необхідно скласти класифікацію висівних апаратів, висівних робочих органів і вибрати основні технічні рішення для підвищення рівномірності розподілу насіння при розширенні технологічних можливостей сівалок при забезпеченні максимального агротехнічного ефекту за зменшення матеріальних і енергетичних затрат.

2. Перспективними напрямками досягнення поставленої мети являється використання технологічного процесу висіву насіння комбінованими висівними робочими органами та котушковими висівними апаратами, а технічними засобами для його реалізації є зубчастий диск, насіннепровід, пружина, анкер, срільчаста лапа, система автоматичного висіву насіння.

3. Визначені теоретичні особливості функціонування висівних робочих органів дводисково-анкерного, комбінованого лапового і висівного пристрою з зубчастим ножем-дискон на вібраційній підвісці, системи автоматичного управління висівом насіння з електроприводом висівного апарату і межі їх варіювання, забезпечуючи рівномірний висів насіння.

4. Складені математичні моделі дозволили оцінити стан системи і оптимізувати енергетичні, агротехнологічні і конструктивні характеристики селекційних і селекційно-насінницьких сівалок .

5. Знайдені аналітичні вирази для визначення амплітуди і частоти зазначених коливань в залежності від конструкційних параметрів і кінематичних режимів роботи агрегату.

6. Складена система диференціальних рівнянь поступальних коливань універсального комбінованого сошникового вузла з зубчастим диском, встановленим на вібраційній підвісці, які виникають під дією збурювальної сили, що генерується нерівностями поверхні ґрунту при рівномірному русі агрегату вздовж поля.

7. Отримано розв'язок зазначеної системи диференціальних рівнянь, який характеризує закон коливального руху лонжерона сошникового вузла вздовж осей прямокутної декартової системи координат.

8. Для описання руху робочих органів обґрунтовані, апробовані і реалізовані у вигляді програм на ПК феномологічні і дискретні підходи.

9. Численні розрахунки дозволили спостерігати і оцінювати оптимальні, з точки зору протяжності, параметри процесу якісного висіву насіння.

10. Розроблена методика розрахунку розрізаючих зубчастих дисків комбінованих сошникових вузлів дає можливість встановлювати оптимальні співвідношення між конструктивними параметрами даного типу робочих органів і їх енергетичними показниками

11. При моделюванні процесу системи автоматичного управління висівом насіння селекційно-насінницькими сівалками з катушковим висівним апаратом в якості міток часу програма використовувала факт отримання тривалості періоду обертання валу двигуна. Перехідні процеси спостерігаються, як при зміні швидкості сівалки, так і при зміні напруги живлення двигуна. Найбільший практичний інтерес представляють швидкості обертання валу двигуна в області $55-15 \text{ c}^{-1}$, що відповідає

швидкості руху сівалки 2,9-11,4 км/год. при понижувальному редукторі з передатним числом $i = 31$. Встановлені основні математичні залежності між технологічними і режимними показниками роботи селекційно-насінницьких сівалок сімейства СН-16, досліджені якісні і кількісні показники роботи катушкових висівних апаратів з приводом від електродвигуна і розроблені напрямки по практичному використанню отриманих залежностей.

12. Обґрунтовані параметри і побудовані математичні моделі роботи комбінованих дводисково-анкерних сошників, що об'єднують конструктивні рішення дводискових і анкерних сошників, так що в результаті комбінований дводисково-анкерний сошник кладе насіння на тверде насінневе ложе, виключає інерційність виносу насіння за межі агротехнологічного допуску, в тому числі на підвищених швидкостях виносу і прикочувальними котками, що встановлені з можливістю регулювання свого положення. Для подолання сили опору ґрунту на ніж сошника ($P = 100$ Н) при куті тертя ґрунту по ножу $\varphi = 45^\circ$ згідно розрахункам пружина повинна протидіяти з силою $= 258$ Н. Отже, жорсткість пружини за формулою (2.23) повинна бути $k = 9,04 \cdot 10^3 \dots 3,6 \cdot 10^4$ Н/м.

13. Для виконання смугового посіву за енергозберігаючими технологіями розроблена модель лапового сошника культиваторного типу з відцентровим розсіювачем насіння в підлаповому просторі. Під час руху лапи у верхньому шарі ґрунту приводний круг торкається дна борозенки, що викликає обертання круга з корпусом на підшипнику відносно осі. При швидкості посівного агрегату від 1,5 до 2,5 м/с частота обертання ролика при діаметрі приводного круга 0,09 м становить від 318 до 530 об./хв. Дана частота обертання забезпечує винесення насіння, яке потрапляє по насіннепроводу на ролик, що обертається.

14. Проаналізовано схеми роботи традиційних (вагою приблизно до 800кг/м) і легковагових сівалок (вагою від 316 до 500 кг/м) для сівби за енергозберігаючими технологіями. Основним пристроєм легковагових сівалок є дисковий ніж, що розрізає ґрунт і пожнивні залишки. Істотне

зниження величини тягового опору дискових робочих органів (до 20%) дає використання вібрацій. Збільшення сили вдавлювання на сошник при використанні конструкції базової рядової сівалки для енергозберігаючих технологій можливе за рахунок технологічного вантажу і підсилення деталей.

15. Дослідження вібросистем з різною жорсткістю показали, що максимальна амплітуда змушених коливань спостерігається при рівності їхньої частоти з частотою власних коливань системи, причому другий пік резонансу настає через період, коли частота змушених коливань дорівнює 1,75 частоти власних коливань. При зростанні жорсткості вібросистеми область близька до другого резонансу збільшується. Розглянута вібросистема може бути використана для визначення віброефекту а також для транспортування сипучого матеріалу різної крупності.

16. Для сівби селекційно-насінницькими сівалками з універсальними сошниковими вузлами замість базових дводискових сошників не потребується спеціального енергетичного засобу для агрегування при максимальній глибині входження диска діаметром 0,35 м і товщиною 0,003 м в ґрунт рівною 0,08 м і питомому опорі сухих глинистих ґрунтів - 1,5...1,8 МПа значення основних силових характеристик будуть в межах: реакція ґрунту $R_c = 796...956$ Н; зусилля вдавлювання $N = 675...810$ Н; тяговий опір $P_c = 422...506$ Н.

17. Отримані вирази для визначення амплітуди, частоти вільних коливань та амплітуди змушених коливань лонжерона сошникового вузла в залежності від його основних конструкційних параметрів і режимів роботи при рівномірному переміщенні по нерівностям поверхні ґрунту. Зокрема, у зазначені вирази входять кількість зубів розрізаючого диска, жорсткість пружин та швидкість поступального руху.

18. Розроблена методика розрахунку розрізаючих зубчастих дисків комбінованих сошникових вузлів дає можливість встановлювати оптимальні

співвідношення між конструктивними параметрами даного типу робочих органів і їх енергетичними показниками.

19. Залежності зусилля P зубчастого диску від кількості зубців Z , при різних значеннях коефіцієнта K розташування зубців на лезі диска показують, що із збільшенням кількості зубців на дузі врізання зусилля P зменшується. Аналітичний аналіз даних свідчить, що особливо значним є вплив при збільшенні кількості зубців від одного до чотирьох, після чого збільшення числа зубців на загальне зусилля значного впливу не має.

20. Для досягнення оптимального з енергетичних міркувань ефекту з врахуванням глибини ходу дискового ножа $h=0,08$ м, кількість зубців на ньому повинна бути не менша $N=24$; висота зубця при деформаційному показнику ґрунту $\nu = 2 \cdot 10^{-7}$ м²/Н, товщині зубця $t=0,003$ м і силі різання $P=150$ Н становитиме $h_3 = 0,021$ м. В діапазоні вимірювання робочої швидкості зубчастого диску діаметром 350 мм від 6 до 12 км/год частота коливань буде дорівнювати $n = 36,4 \dots 72,8$ Гц.

21. Побудована амплітудно-частотна характеристика сошникового вузла з зубчастим диском, встановленим на двопружинній підвісці, при різних значеннях жорсткості пружин $C_{П1}$ і $C_{П2}$, Н/м, для визначення залежності амплітуди коливань $A(V)$, м, від швидкості руху V , м/с. отримані резонансні величини амплітуди, коли частота збурень сошникового вузла співпадає з власною частотою при швидкостях від 0,5 м/с до 1,0 м/с, при подальшому збільшенні швидкості посівного агрегату від 1,2 м/с до 4 м/с спостерігаються стабільні показники його амплітуди.

22. Теоретично доведено, що для повноцінного впровадження технології мінімальної обробки ґрунту досить на додаток до дискового знаряддя мати пристрій, здатний внести насінний матеріал під мульчований шар ґрунту. Зважаючи на те, що ґрунт заздалегідь оброблявся і опір її в робочому процесі сошникового вузла істотно нижчий, ніж необробленого, для виготовлення робочих органів не потрібно матеріали з особливо міцними

характеристиками. Попередні розрахунки показують, що для оснащення, наприклад, сівалки СЗ-3,6 сошниковими вузлами для енергозберігаючих технологій з зусиллям вдавлювання до 1150 Н на розрізаючий диск досить лише посилити в її конструкції сошниковий брус.

23. Обґрунтовані конструкційно-технологічні параметри комбінованих робочих органів модернізованої енергозберігаючої фрези начіпної для суцільної передпосівної обробки ґрунту на першому, другому і третьому етапах селекційно-насінницьких робіт, що підвищує агротехнічну якість. Величина потужності фрезерування зменшується і складає $N_{к.р.п.} = 20,61$ кВт порівняно з базовою, яка становить $N_{р.п.} = 25,59$ кВт.

24. Для забезпечення підготовки ґрунту під посів фрезеруванням, засмічений рослинними рештками, при підвищенні вирівняності ґрунтового ложа зі збереженням агротехнічного допуску, при підвищеній робочій швидкості агрегату, необхідно збільшити кількість односторонніх ножів до 3-х, з кутом відгину, що не перевищує 45° , на диску барабану фрези і культиваторними робочими органами.

3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Відповідно до задач, поставлених у роботі, було визначено програму і розроблено методики експериментальних досліджень.

Лабораторні дослідження проводились з робочими органами висівного апарату селекційних сівалок: з приводом висівного апарату катушкового типу, з висівними робочими органами, які вирізнялись конструкціями пристроїв виконуючих механізмів. Під час досліджень випробовувались система автоматичного керування висівом насіння, комбіновані дводисково-анкерні сошники, сошники культиваторного типу з роликом-розсіювачем, універсальні сошникові вузли (посівні секції) з зубчастим диском-ножем, що розрізає ґрунт з використанням вібраційного ефекту й анкерним чи стрілоподібним сошником, прикочуючим котком та паралалелограмною підвіскою.

Робочі процеси режимів роботи сівалки вивчались з урахуванням основних факторів, що впливають на оціночні показники: швидкість руху сівалки, передаточне відношення приводу висівного апарату, глибина висіву насіння, тяговий опір, норма вис і рівномірність висіву. Враховані фактори спрямовані, в першу чергу, на енергозбереження і підвищення ефективності процесу сівби, конструктивно-технологічні та кінематичні параметри селекційних і селекційно-насінницьких сівалок.

3.1 Програма експериментальних досліджень

Програмою передбачалось вирішення наступних питань:

1. З урахуванням проведеного аналізу і за результатами теоретичних досліджень розробити, виготовити макетні зразки системи автоматичного керування висівним апаратом катушкового типу, сошникових груп з різними конструкціями висівних робочих органів та пристроїв.

2. Розробити та виготовити установки для проведення лабораторних досліджень і оснастити їх необхідним обладнанням і приладами.

3. Провести вивчення процесу роботи САУВН (системи автоматичного управління висівом насіння) катушковим висівним апаратом селекційно-насінницької сівалки. Методика досліджень передбачає послідовне поетапне вирішення поставленої задачі зі створення САУВН із конструктивного оформлення, експериментальної перевірки працездатності макетних зразків на лабораторному стенді, вузли якого імітують робочі органи селекційно-насінницьких сівалок модельного ряду СН-16, установку макета на сівалці і подальшу перевірку в лабораторно-польових умовах, під час чого дослідити:

- залежність кількості обертів ВВА (валу з висівними апаратами) від швидкості руху сівалки;

- залежність кількості обертів ВВА і кількості обертів колеса сівалки за різних норм висіву насіння;

- залежність передаточного відношення (передаточного числа) між колесом і ВВА від швидкості руху сівалки при заданих значеннях на МПУ (мікропроцесорному блоці управління) ;

- залежність норми висіву насіння від його сходів навісною селекційно-насінницькою сівалкою, обладнаною приводом катушкових висівних апаратів на базі крокового і колекторного електроприводів з мікропроцесорним блоком керування від швидкості руху посівного агрегату.

4. Встановити закономірності технологічних умов роботи робочих органів: швидкість руху, передаточне відношення приводу висівного апарата, глибина висіву насіння на вихідні параметри показників роботи: тяговий опір, норма висіву, рівномірність висіву.

5. Провести вивчення процесу роботи універсального сошникового вузла, під час чого дослідити:

- вплив на тяговий опір сошникового вузла висоти зубців зубчастого ножа-диску, що розрізає ґрунт;

- вплив на тяговий опір сошникового вузла жорсткості пружин кріплення зубчастого ножа-диска, що розрізає ґрунт;
- вплив на тяговий опір сошникового вузла фізичних параметрів ґрунту;
- вплив на тяговий опір сошникового вузла частоти і амплітуди коливань зубчастого ножа-диска, що розрізає ґрунт.

6. Лабораторні і польові дослідження комбінованих дисково-анкерних сошників і сошникових вузлів, сошників культиваторного типу й універсальних сошникових вузлів з зубчастим диском – ножем на двопружинній підвісці для технологій енерго-ресурсоощадного висіву зернових культур проводяться з метою визначення раціональних параметрів їх конструкцій і вибору оптимальних режимів роботи.

Основними задачами експериментів є:

- визначення тягового опору висівних робочих органів в діапазоні їх робочих глибин і швидкостей, а також амплітудно-частотних характеристик;
- визначення показників якості розпушування ґрунту сошниками (глибина, сталість ходу в ґрунті, ступінь кришення ґрунту, показники ущільнення ґрунту під сошниками);
- оцінювання показників висіву насіння в ґрунт (глибина загортання, рівномірність висіву по ширині захвату і глибині загортання, кількість посіяного насіння на одному погонному й одному квадратному метрі).

Відповідно до поставлених цілей і задач програма і методика лабораторних досліджень включає в себе наступні положення:

- розробка пристрою для визначення амплітудно-частотних характеристик і тягового опору запропонованих висівних робочих органів;
- визначення впливу конструктивно-технологічних параметрів експериментальних сошників на показники якості розпушування ґрунту і висіву насіння;

- обробка й аналіз отриманих результатів досліджень з розробкою рекомендацій із вдосконалення запропонованих конструкцій сошників і їх впровадженню у виробництво.

7. Провести лабораторно-польові дослідження і виробничу перевірку експериментальних зразків машин, під час чого визначити:

- забезпечення точності САУВН норми висіву насіння селекційно-насіницькими сівалками в робочому діапазоні зміни швидкості посівного агрегату;

- забезпечення оптимальної глибини висіву насіння селекційними сівалками з дводисково-анкерними висівними робочими органами в робочому діапазоні зміни швидкості посівного агрегату;

- характер розподілу насіння сошником культиваторного типу з роликком-розсіювачем для смугового висіву насіння;

- техніко-економічну оцінку використання сівалок з САУВН і комбінованими висівними робочими органами.

3.2 Експериментальні установки та прилади

Для проведення експериментальних досліджень процесів автоматичного керування валом з висівними апаратами котушкового типу і комбінованих висівних робочих органів були розроблені і виготовлені спеціальні лабораторні установки та необхідні прилади для реєстрації результатів експериментів в НВО «Селта» та спільно з ПФ НУБіП України «КАТУ».

Для проведення лабораторно-польових досліджень, виробничої перевірки і відомчих випробувань були розроблені і виготовлені в НВО «Селта» експериментальні й дослідні зразки робочих органів і машин, при розробці яких були використані результати викладених у дисертації досліджень.

3.2.1 Установа для досліджень тягового опору робочих органів

Для проведення лабораторних досліджень тягового опору та вібраційного ефекту висівних робочих органів використовувався ґрунтовий канал ПФ НУБіП України «КАТУ», який є залізобетонною ємністю прямокутного перетину 2500×2000 мм, заповнену ґрунтом. Уздовж каналу по повздожнім коліям під дією барабанної лебідки з електроприводом рухається робочий візок (рис. 3.1).

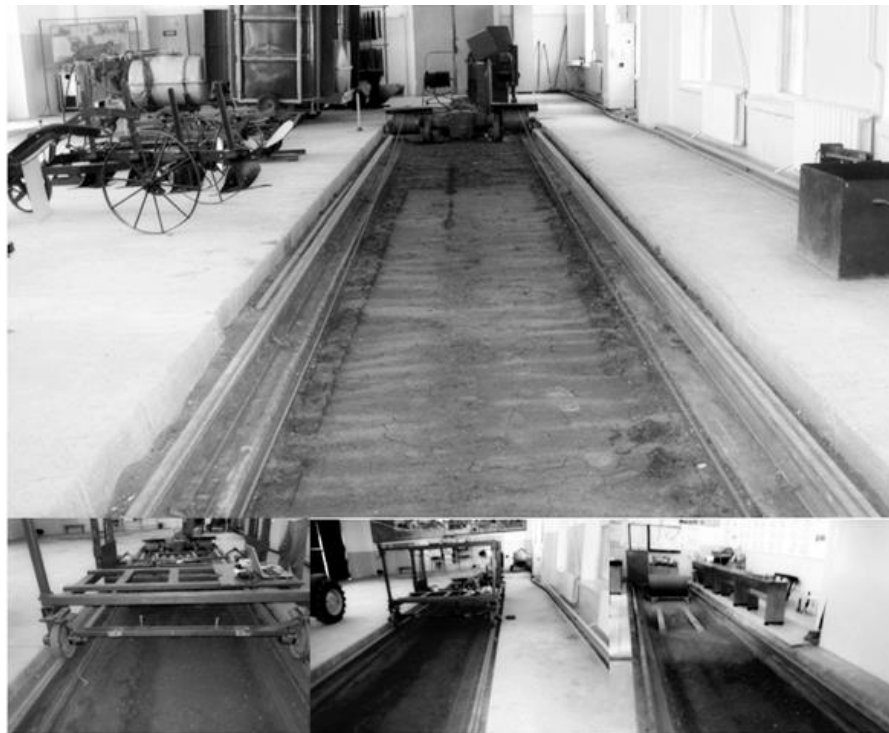


Рис. 3.1. Загальний вигляд установки в ґрунтовому каналі для досліджень висівних робочих органів

На візку змонтована рухома рама, на поперечних балках якої хомутами кріпляться робочі органи, що досліджуються. Глибина ходу робочих органів регулюється за допомогою вертикальних направляючих і двох вертикальних гвинтових механізмів рухомої рами. Для ущільнення ґрунту використовується водоналивний коток. За необхідності ґрунт у каналі зволожується. Привід тягової лебідки здійснюється через коробку передач

від асинхронного електродвигуна. Швидкість руху візка регулюється перемиканням швидкостей коробки передач і зміною електричного опору в ланцюзі обмоток ротора електродвигуна з фазовим ротором приводу установки за допомогою рідинного реостату. Електропривод та коробка передач дають змогу плавно регулювати швидкість руху візка з робочими органами в межах від 0,1 до 4 м/с.

Для визначення тягового опору робочих органів, що досліджуються, розроблено вимірювальний пристрій, чутливим елементом якого є тензометричний датчик сили. Він являє собою овальне кільце, з двох сторін якого наклеєні дотові тензорезистори у вигляді відрізків тонкого дроту діаметром 25 – 30 мкм, що згорнений та в петлі і наклеєний на стрічки тонкого паперу. До кінців дроту припаяні провідники з більш товстого дроту, вони слугують для приєднання датчика до вимірювальної схеми. Дротовий датчик за допомогою целулоїду всією площею паперу міцно приклеєний на поверхність кільця і при навантаженні силою отримує однакові з ним деформації. Вимірювальною схемою проволочних опор є мостова схема тензоперетворювачів.

Якщо кільце деформується, радіус кривизни кільця в місті наклейки датчиків змінюється. При цьому тензорезистори отримують деформації, а, відповідно, і зміни опору різних знаків розтягування. Датчик приєднується до переносного комп'ютеру через підсилювач і аналого-цифровий перетворювач на COM-порт (рис.3.2) [45, 51,52].

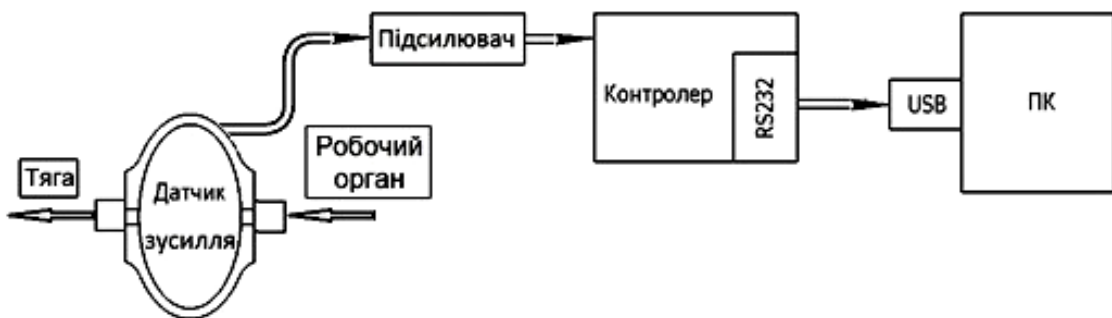


Рис. 3.2. Блок-схема вимірювання тягових характеристик висівних робочих органів

Твердість ґрунту в каналі визначається за допомогою твердоміра Ревякіна Ю.Ю. (рис. 3.3).

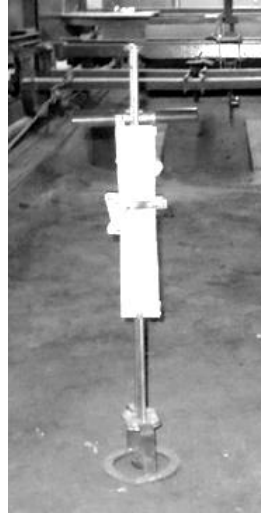


Рис. 3.3. Загальний вигляд приладу для визначення твердості ґрунту

3.2.2 Установка для досліджень вібраційно-тягових параметрів

Для досліджень вібраційно-тягових параметрів висівних робочих органів було розроблено спеціальну вимірювальну установку [45, 53] (блок-схему показано на рис. 3.4), що дає можливість одночасно проводити визначення відносних значень вібрації і тягового опору робочих органів для сівби за енергоощадними технологіями шляхом виведення змінних, в залежно від агротехнологічних умов, величин параметрів, що досліджуються, у вигляді графічних залежностей на монітор комп'ютера [50].

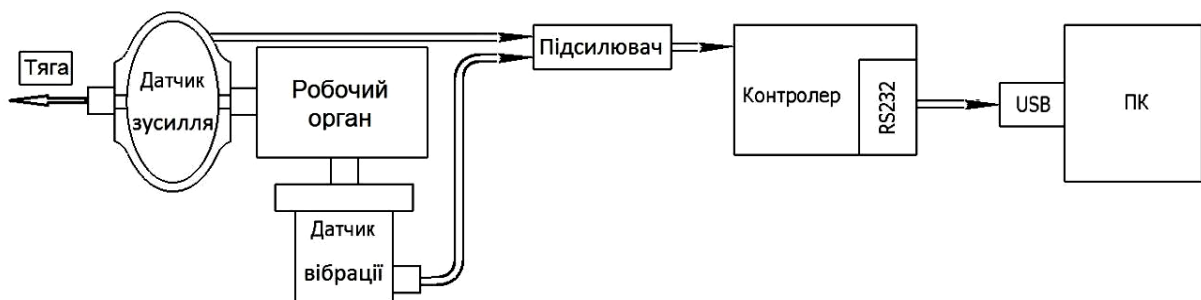


Рис. 3.4. Блок-схема установки для вимірювання тягових і вібраційних характеристик комбінованих висівних робочих органів

Датчик вібрації підключений через підсилювач і аналого-цифровий перетворювач на COM-port ПК. Підсилений сигнал оцифровується і поступає в потоці даних на ПК. Показники датчика вібрації виводяться на монітор у синхронності з тяговим опором за описаною методикою [53], згідно з якою визначення тягового опору робочого органу здійснюється вимірювальним пристроєм на базі: двох тензодатчиків, контролера (мікроконтролер Mega64 із ЖК-індикатором 16*2 і клавіатурою, блока живлення 9.6В, а також мікросхема MAX232ESE), перехідника USB->RS232 HXSP-2108D. Як пристрій, що реєструє, використовується ПК із системою Windows XP з установленим драйвером HXSP-2108D, програмами SuperTermV2.21 і Microsoft Office Excel.

Визначаючи відносну зміну величини вібрації, можна, використовуючи спрямовані характеристики зняття вібрації (рис. 3.5), оцінювати механічні властивості робочого органу.

Таким чином, при дослідженнях оцінювання енергетичних характеристик комбінованих сошникових пристроїв, з'явилась можливість оперативно вивчати навантажувальну динаміку руху робочого органу при взаємодії з ґрунтом – тягову і вібраційну.

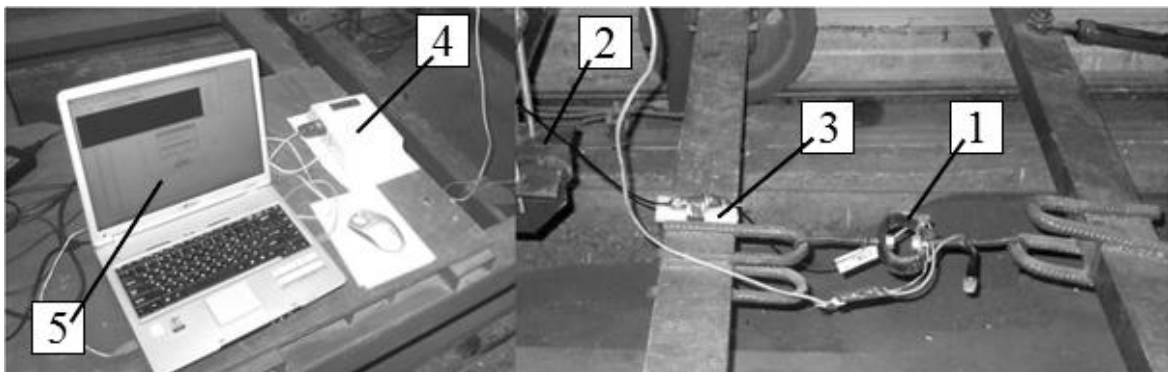


Рис. 3.5. Установка для досліджень тягового опору та амплітуди і частоти коливань робочих органів: 1 – тензодатчик тягового опору; 2 – датчик вібрації, 3 – підсилювач; 4 – АЦП; 5 – ПК

Для калібрування вимірювального каналу вібрації за амплітудою і частотою виготовлено спеціальний пристрій, який дає змогу отримувати

фіксовані амплітуди коливань робочих органів з кроком 2 мм (від 2 до 30).
Загальний вигляд показано на рис. 3.6.

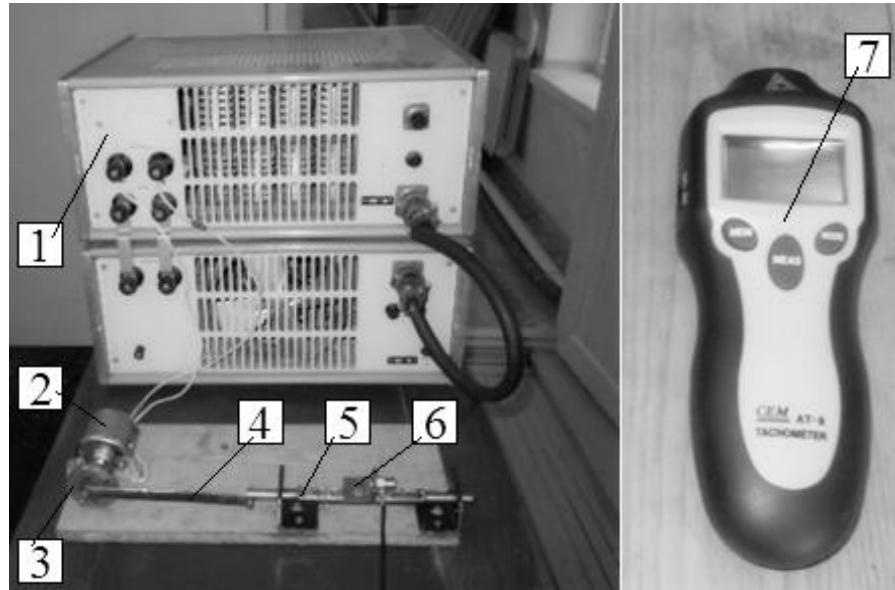


Рис. 3.6. Пристрій для калібрування вимірювального каналу вібрації:

1 – джерело живлення; 2 – електродвигун постійного струму; 3 – кривошип; 4 – шатун; 5 – повзун; 6 – датчик вібрації; 7 – цифровий лазерний тахометр АТ-8

Модернізована установка в ґрунтовому каналі (рис. 3.5) [45,51] дає можливість оцінювати силові характеристики висівних робочих органів.

Фрагменти технологічних досліджень сошникових пристроїв в ґрунтовому каналі наведено на рис. 3.7.

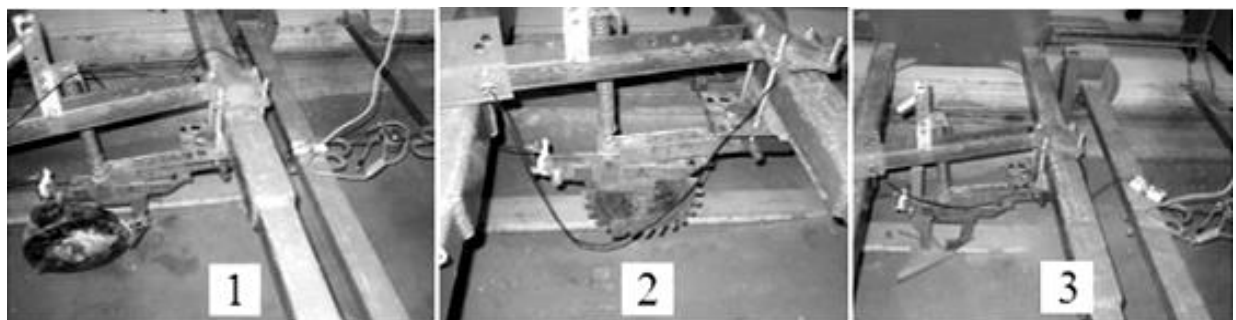


Рис. 3.7. Фрагменти досліджень сошникових пристроїв в ґрунтовому каналі:

1 – дводисково-анкерний сошник; 2 – дисковий ніж комбінованого сошникового вузла; 3 – сошник культиваторного типу з роликом-розсіювачем

3.2.3 Стенд для досліджень режимів висівних апаратів

Процеси, що протікають під часу сівби у сівалках, важко змодельовати математично, тому при розробці нової системи керування котушковими висівними апаратами важливе значення відіграють експериментальні дослідження параметрів та нових технічних рішень. Для прискорення розробки їх, досліджень і впровадження в сівалки, був виготовлений у НВО «Селта» спеціальний лабораторний стенд, схему якого показано на рис. 3.8 (фрагмент загального вигляду на рис. 3.9), моделюючий у повну величину висівний апарат сівалок модельного ряду СН-16. Стенд [248], дає змогу керувати роботою висівних апаратів за допомогою електроприводу в ручному й автоматичному режимах. В автоматичному режимі вивчалась робота висівних апаратів з урахуванням коефіцієнта передачі, що здійснює зв'язок зі швидкістю руху сівалки. Для виконання експериментальних робіт стенд оснащений відповідною контрольно-вимірювальною апаратурою, блоком стабільного живлення, що дає можливість плавно регулювати напругу від 0 до 15 В і струм у ланцюзі живлення електродвигуна від 0 до 8 А, а також пристроєм автоматичного керування висівом насіння.

Лабораторний стенд складається з електродвигуна 1, з'єднаного через шестерні чи черв'ячний редуктор 2, другий кінець вала редуктора з'єднаний з валом висівних апаратів 3, на якому встановлені котушки 4, поміщені у лійки 5 і насіннепроводи 6, стрічкового транспортеру 7, черв'ячного редуктора 8, електродвигуна 9, воронки 10, приймача насіння 11, встановленого на лабораторних вагах 12. Над котушками 4 розміщені бункери 13, встановлені на двох направляючих 14, закріплених на стійках 15, 16 корпусу. Стійки з'єднані між собою поперечними полицями: верхньою 17 і нижньою 18. На стійці 16 закріплений щит керування 19. На нижній полиці встановлений імітатор обертання колеса сівалки, що складається із черв'ячного редуктора 20, електродвигуна 21. Електродвигуни 20 і 21 обладнані, відповідно, датчиками 22 і 23. На полиці, прикріпленій до стійки 15, встановлена вакуумна установка 24,

з'єднана з рукавом 25 з вакуумною коробкою 26, вставленою під транспортерною стрічкою в зоні розвантаження насіння із насіннепроводів 6.

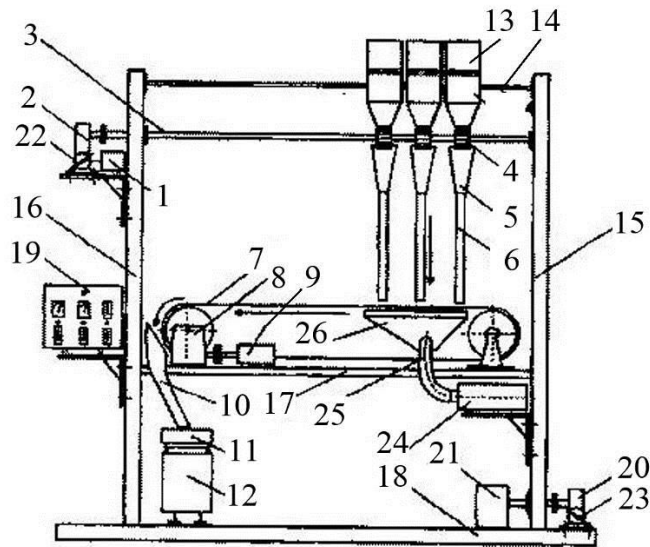


Рис. 3.8. Схема станда для досліджень режимів роботи висівних апаратів:
 1,9,21 – електродвигун; 2,8,20 – редуктор; 3 – вал ; 4 – котушки; 5,10 – воронка; 6 – насіннепровід; 7 – транспортер; 11 – приймач насіння; 12 – лабораторні ваги, 13 – бункери; 14 – направляючі; 15,16 – стійки; 17,18 – полиці; 19 – щит керування; 22,23 - датчики; 24 – вакуумна установка; 25 – рукав; 26 – вакуумна коробка

Перед проведенням досліджень налагоджують схему на роботу в заданому режимі. Для цього у спеціально розробленій програмі ПК задається норма висіву насіння у вигляді числа, що характеризує відношення швидкості обертання вала висівних апаратів вала приводу датчика колеса сівалки. Формується керуюча стартова команда, яка подається в МБУ. Вмикається привід датчика колеса 24. По частоті імпульсів, що поступили при цьому від датчика обертів колеса 23, МБУ відповідно з одержаним числом відношення встановлює швидкість обертання вала висівних апаратів 3 за рахунок впливу на електродвигун 1. Залежно від крупності насіння, що досліджується, на вал висівних апаратів встановлюють необхідні котушки. Потім вмикається електродвигун 9 транспортера 7 і встановлюється швидкість руху стрічки

транспортера, рівна 1 м/с, яка в процесі досліджень залишається постійною. Вмикається електродвигун вакуумної установки 24 і встановлюється необхідне розрідження в коробці 26, при якому насіння прилипає до стрічки транспортера у місці падіння його із насіннепроводів 6 і одночасно переміщується разом зі стрічкою. Після цього всі двигуни вимикаються і стенд вважається підготовленим до роботи. Потім у бункери засипається зерно, що досліджується. Вмикаються електродвигуни вакуумної установки, транспортера, імітатора колеса сівалки і вала висівних апаратів. При обертанні катушок насіння із насіннепроводів 6 поступає на транспортер 7, яким по воронкам 10 подається на встановлені на лабораторних вагах 12 приймачі насіння 11 для зважування. Маса насіння, що завантажується в бункери, розраховується таким чином, щоб можна було зробити не менше трьох зупинок роботи стенда через рівні (не менше 30 с) проміжки часу для зважування насіння і виміру інтервалів між зернами будь-яким відомим способом. Різниця між заданою швидкістю руху сівалками і швидкістю руху транспортера вираховується за допомогою поправочного коефіцієнта, на величину якого відповідно зменшується чи збільшується зміряний інтервал між зернами на стрічці. Після математичної обробки результатів вимірювань і зважувань виконується висновок про ефективність роботи висівних апаратів у заданому режимі при встановленій швидкості руху сівалки.

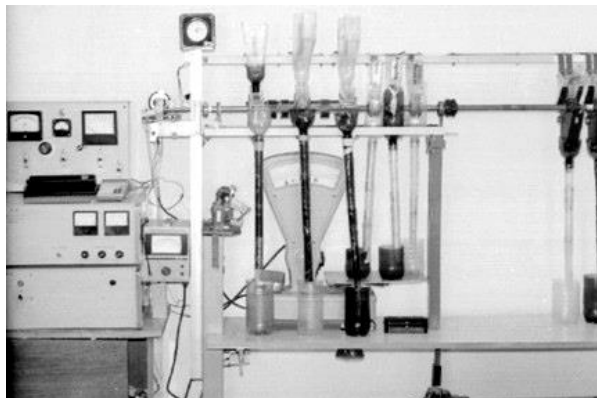


Рис. 3.9. Загальний вигляд фрагмента стенда для досліджень режимів роботи висівних апаратів

При зміні частоти пульсацій датчика, що відповідає зміні кількості обертів колеса сівалки, МБУ автоматично змінює частоту пульсацій живлення електродвигуна 1 (рис. 3.8), відповідно до заданого числа для даної норми висіву насіння. Програма МБУ працює в діапазоні швидкостей сівалки від 1 до 12 км/ч.

Для досліджень електронної системи приводу катушкових висівних апаратів було виготовлено спеціальні макети (на базі лабораторного стенда) [46,49]. Схема стенда для дослідження макетних зразків показано на рис. 3.10.

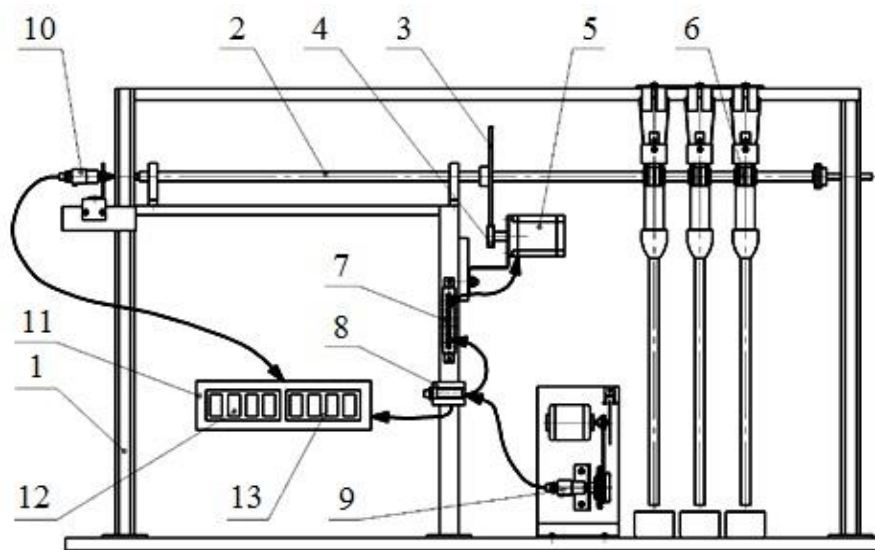


Рис. 3.10. Схема стенда для дослідження процесу роботи макетних зразків системи електронного керування катушковим висівним апаратом:

1 –каркас макету; 2 – вал висівних апаратів; 3 – шестірня вала; 4 – шестірня крокового двигуна; 5 – кроковий двигун; 6 – катушка висівного апарату; 7 – драйвер; 8 – мікропроцесорний блок керування; 9 – датчик обертів колеса; 10 – датчик обертів вала висівних апаратів; 11 – блок контролю; 12 – табло швидкості обертання вала висівних апаратів; 13– табло швидкості обертання колеса

Загальна схема електроживлення макета складається із:

- регулювального блоку живлення; двигуна (первинне згладжування імпульсів від драйвера); тумблера вмикання струму на амперметр акумулятора; акумулятора з амперметром заряду-розряду (вторинне згладжування імпульсів);
- тумблера вмикання живлення на стенд;
- частотоміра обертання ВВА;
- частотоміру обертання імітатора колеса сівалки;
- МБУ;
- драйвера крокового двигуна;
- крокового двигуна.

Частотомір швидкості обертання ВВА обладнаний датчиком Холла і постійним магнітом на валу. Повний оберт вала викликає спрацювання датчика і розрахунок нового значення, яке виводиться на індикатор. Точність значення, що виводиться – десяті частки частоти. Розмірність – оберти на хвилину.

Частотомір швидкості обертання імітатора колеса сівалки підключений до датчика Холла (10 імпульсів за оберт). При проходженні десяти імпульсів проводиться перерахунок показання. Це висвітлюється миганням двох крапок на табло. Точність значення, що виводиться – одиниці частоти. Розмірність – оберти за хвилину.

У зв'язку з тим, що система автоматичного керування сівалкою передбачає замкнутий стан процесу регулювання, тобто сигнал від датчика і його відповідність заданому значенню впливають на параметри управляючої дії на привод (струм електродвигуна) і стрибкоподібним характером зміни опору обертанню вала з висівними апаратами (при змінних навантаженнях), для даної системи з нестационарним рівнем навантажень необхідний двигун з величиною обертаючого моменту понад максимально необхідного. Для вирішення можливості поставленої задачі застосували для досліджень біполярний двигун марки ДКР56-1,8-3218, що випускався вітчизняною

промисловістю. Характеристика двигуна: момент статичний 16 кг/см з частотою 240–750 об./хв, сила струму на фазі 2,5А. Для нього спеціально були розроблені мікропроцесорний силовий блок і пульт керування. Передаточна шестерня (1:8) на вал висівних апаратів станда та інші механічні елементи прив'язки системи до станду було розроблено і виготовлено уніфікованими і стосовно самої сівалки модельного ряду СН-16П. Схему системи управління показано на рис. 3.11.

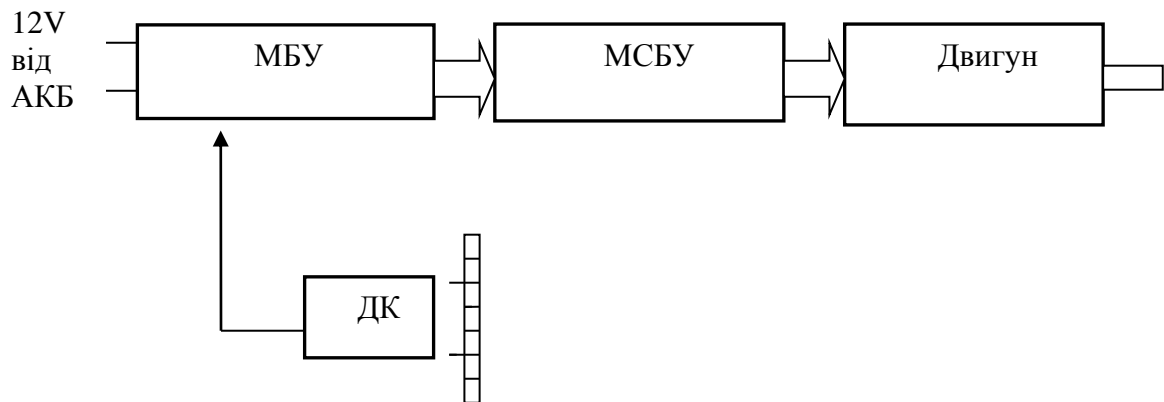


Рис. 3.11. Схема системи автоматичного керування котушковими висівними апаратами з приводом крокового двигуна

Система керування складається із чотирьох частин: мікропроцесорних силового блоку управління (МСБУ) і пульта керування (МПУ) для завдання коефіцієнта передачі, який індіціюється на цифрових індикаторах, електродвигуна і датчика колеса.

Для досліджень застосування САУВН для сівалки зернової СЗ-3,6 було створено спеціальний макет [51]. На валу висівних апаратів (ВВА) встановлено шестерню з 136 зубцями, як і в макеті навісної сівалки СНС-16А.

Приводом ВВА є кроковий двигун марки FL 86 ST 118 – 4208А: номінальний струм 4,24 А, опір обмоток 0,75 Ом, індуктивність обмоток 3,4 мГн, зусилля на валу 46 кг/см, кількість виводів обмоток 8, інерція ротора

1400 г/см², стопорний момент 1,2 кг/см, маса 2,3 кг, довжина 80 мм, кут кроку 1,8°. Напряга зрушення макетного ВВА – 2,4 кг/см.

Драйвер (МСБУ) крокового двигуна Q2HB44 – уніполярний з діапазоном напруги живлення від 12 до 40 В (використовується 12 В, така сама як на акумуляторі працюючого трактора). Драйвер дає змогу робити до 200 крокових імпульсів за секунду. Він забезпечує формування фаз на обмотки крокового двигуна та проводить контроль струму за встановленими на потенціометрі значенням від 0,1 до 4 А. Макет вміщує імітатор колеса сівалки з регулюємим блоком живлення і двигуном, з'єднаним з датчиком обертання колеса. Для забезпечення знімання інформації з датчика колеса (10 імпульсів за один оберт), визначення коефіцієнта передачі ВВА, розроблений спеціальний мікропроцесорний блок управління (МБУ). Кожний імпульс, що надходить із датчика колеса в МБУ, доповнюється додатковими імпульсами відповідно до встановленого коефіцієнта передачі і в сумі передається на драйвер. Коефіцієнт передачі змінюється від 0 до 99 із градацією по одиниці. Значення встановленого коефіцієнта передачі відображається на індикаторі МБУ. Зміна коефіцієнта виконується ручкою потенціометра. Мікропроцесорний силовий блок має габаритні розміри, мм – 200×150×190, маса - 0,8кг. Пульти керування 100×25×55 мм, маса – 0,01кг.

Драйвер крокового двигуна підключений до контролера перерахунку імпульсів МБУ через струмозапобіжник (15А). На драйвері крокового двигуна потенціометром виставлений струм холостого ходу, рівний 10А. Це значення струму дає змогу тривало експлуатувати двигун і драйвер двигуна без перегріву і в одночас створює достатній стартовий імпульс для провертання ВВА. МБУ з програмою перерахунку імпульсів для керування драйвером крокового двигуна вміщує:

- двозначний індикатор;
- стабілізатор напруги мікроконтролера;
- мікроконтролер АТ 90С 2051;

- ручку вибору коефіцієнта передачі з потенціометром;
- частотозадаючий кварцовий резонатор для мікроконтролера;
- клемники для підключення живлення, входу датчика Холла і вихідних імпульсів для драйвера крокового двигуна.

Для проведення досліджень стенд обладнаний колекторним електродвигуном 511.3730,1290, потужністю 90 Вт, $n=3600 \text{ хв}^{-1}$ і черв'ячним понижуючим редуктором $i=31$, через який приводився в рух вал з котушковими висівними апаратами сівалок модельного ряду СН-16. Імітатор колеса сівалки обладнаний колекторним електродвигуном МЕ 11-А, ГОСТ 3984, 12/15, потужністю 15 Вт, $n=3000 \text{ хв}^{-1}$ з циліндричним понижуючим редуктором з передаточним відношенням $i=25$. Керування обертанням імітатора колеса проводиться від блоку стабілізованого живлення СНП-40 зміною напруги, що поступає на двигун імітатора.

3.2.4 Експериментальні зразки технічних засобів для проведення лабораторно-польових досліджень і виробничої перевірки

3.2.4.1 Експериментальні зразки системи електронного управління висівом насіння катушковим висівним апаратом для селекційно-насіницьких сівалок модельного ряду СН-16

Для модернізації сівалки було створено спеціальний вищеописаний стенд для досліджень роботи висівних апаратів, що містить зерновий бункер, висівний апарат з механізмом його приводу за рахунок електродвигуна з редуктором, насіннепроводи і програмний блок, вихід якого з'єднаний з управляючим входом механізму приводу висівного апарата, імітатор колеса сівалки і вал висівного апарата обладнані датчиками обертів, з'єднаними з мікроконтролером. Відношення кількості обертів імітатора колеса сівалки до кількості оборотів вала є постійне для заданої норми висіву насіння. Привод висівних апаратів здійснюється від електродвигуна через шестерні чи черв'ячний редуктор, один вал якого з'єднаний з валом висівних апаратів, а другий – з валом електродвигуна, при цьому швидкістю обертання вала

електродвигуна управляє мікропроцесорний блок управління з мікропроцесорним контролером з програмою, яка управляє швидкістю обертання вала електродвигуна відповідно сигналів, що знімаються з датчика пройденого шляху і заданим передавальним відношенням, живлення якого здійснюється від електрообладнання трактора. Загальний вигляд переобладнаних сівалок з висівним апаратом котушкового типу наведено на рис. 3.12–3.14.



Рис. 3.12. Загальний вигляд сівалки СС-16, обладнаної САУВН з приводом через шестерні від крокового двигуна з МСБУ і МПУ



Рис. 3.13. Сівалка СЗП-3,6, обладнана САУВН з приводом через шестерні від крокового двигуна



Рис. 3.14. Сівалка СС-16, обладнана САУВН з приводом від мотор-редуктора з колекторним електродвигуном

Застосування крокового двигуна є однією з основних причин стримування впровадження системи електропривода котушкових висівних апаратів, оскільки діюче вітчизняне виробництво призупинено, а замовлення партій у поставщиків практично неможливе за доступною вартістю через одиничне виробництво сівалок.

Тому вивчення застосування більш розповсюдженого в селекційних сівалках колекторного електродвигуна з редуктором закритого типу замість крокового та пов'язані з цим дослідження для розширення діапазону передаточних відношень при видаленні механічної КП селекційно-насіницької сівалки є важливими.

Мотор-редуктор (рис. 3.15) складається із двигуна з напругою живлення 12 В, вал якого механічно пов'язаний із понижуючим черв'ячним редуктором із коефіцієнтом редукції 1/30.

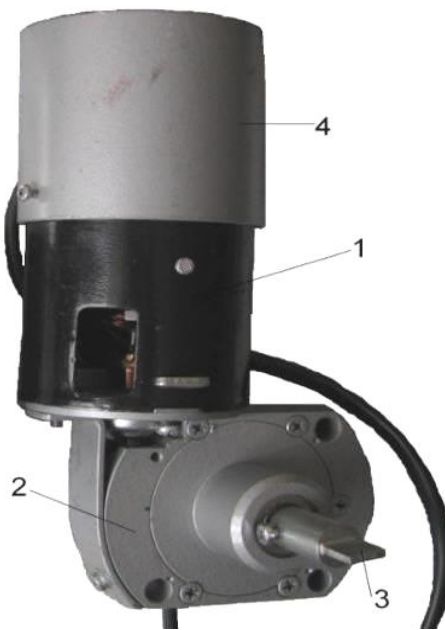


Рис. 3.15. Загальний вигляд мотор-редуктора :

1 – електродвигун постійного струму на 12 В; 2 – черв'ячний редуктор;
3 – вихідний вал редуктора; 4 – кришка двигуна

Мотор-редуктор має наступну технічну характеристику:

- напруга живлення, В	12
- максимальний споживаний струм, А	16
- споживаний струм без навантаження, А	1,8
- потужність двигуна, Вт	120
- коефіцієнт редукції	1/30
- мінімальні оберти редуктора, об/хв	0,4
- максимальні робочі звороти редуктора, об/хв	120
- глибина регулювання обертів	1-300
- кількість імпульсів від датчика колеса, імп/об	10
- точність підтримки співвідношень при зміні обертів 1:30,%	3 – 5

Кріплення мотор-редуктора до корпусу бункера висівного апарата сівалки СН-16 здійснюється за допомогою трьох болтів М8 з гайками. Для цього в корпусі редуктора є три отвори. На валу відбору потужності редуктора встановлений перехідник для з'єднання з валом висівного апарата.

З протилежного кінця двигуна під кришкою змонтований фотоелектричний датчик імпульсів, який видає 10 імпульсів на один оберт вала двигуна.

На кінці вала двигуна після фотодатчика розташована чотирилопатева крильчатка вентилятора, необхідна для охолодження двигуна при підвищеному навантаженні.

Блок керування здійснює прийом електричних сигналів від датчика колеса і датчика двигуна, потім він перетворює інформацію про розузгодження співвідношень обертів цих датчиків у напругу керування двигуном постійного струму. Блок керування увесь час підтримує задане програмою співвідношення обертів колеса і вихідного вала редуктора. Базова кількість співвідношень – 250. Програма забезпечує доведення шести параметрів, які не задіяні і не використовуються, для отримання додаткової інформації про процес висіву насіння.

На рис. 3.16 показаний зовнішній вигляд експериментального мікропроцесорного блок управління мотор-редуктором.

На цифровому індикаторі під час роботи мотор-редуктора відображується існуюче співвідношення обертів колеса і вала двигуна, помножене на 10.

При подачі живлення на блок керування відразу встановлюється автоматичний режим роботи, при якому на двох старших розрядах індикатора з'являються два нулі.



Рис. 3.16. Зовнішній вигляд експериментального зразка МБУ:

1 – індикатор на десять розрядів; 2 – світлодіод індикації процесу роботи; 3 – світлодіод індикації роботи датчика колеса; 4 – світлодіод індикації роботи датчика двигуна; 5 – кнопка «Р» для перемикання режимів роботи; 6 – кнопка «Ф» для розширення функцій кнопок; 7 – кнопка «Д» для введення цифр; 8 – кнопка «В» для зрушення розрядів; 9 – запобіжник на 16А; 10 – кабель для підведення живлення 12В; 11 – кабель для керування двигуном; 12 – кабель для підключення до датчика колеса; 13 – кабель для підключення до датчика двигуна

Через невелику паузу на мотор-редуктор подається напруга, що управляє, і вал редуктора починає обертатися, виконуючи задане програмою співвідношення обертів колеса і вала. Якщо оберти колеса сівалки падають нижче допустимих (величина встановлюється програмою), то вихідний вал мотор-редуктора зупиняється і режим сівби припиняється. При перевищенні оборотів колеса вище запрограмованого мінімуму вал мотор-редуктора знову продовжує обертатися із заданим співвідношенням в обертах колеса і вала сівалки.

При роботі мотор-редуктора на індикаторі в молодших його розрядах висвічується кількість імпульсів, яке прийшло від фотодатчика двигуна за один оберт колеса сівалки. Оскільки за один оберт вала двигуна його

фотодатчик видає 10 імпульсів, то для визначення співвідношень в обертах колеса і двигуна мотор-редуктора отриману кількість треба розділити на 10. Якщо ж необхідно отримати співвідношення в обертах колеса і вала мотор-редуктора, то отриманий результат потрібно розділити ще і на 30 (величина редукції).

Індикатор показує співвідношення лише вала колеса і вала двигуна. Кома на індикаторі не відображується. Змінити співвідношення можна тільки в режимі завдання параметрів. Блок керування має всього два режими роботи: автоматичний режим, який вже був розглянутий, і режим введення параметрів блока. Перемикаються режими роботи за допомогою лівої кнопки з написом «Р». Однократне натиснення на кнопку послідовно змінює режим роботи. Якщо автоматичний режим роботи супроводжується виводом у старших розрядах індикатора числа «00», то в режимі введення параметрів в старші розряди індикатора виводиться число «100». Самі старші цифри цього числа означають режим роботи блока: «0» – це автоматичний режим, а «1» – це режим введення параметрів. Друга цифра після старшого розряду – це номер однієї з десяти програм (0 – 9), в яких можуть встановлюватися різні співвідношення в зворотах, а також інші параметри, необхідні для функціонування блоку. У режимі введення параметрів є ще третій розряд, який говорить про номер параметра, що переглядається. Кожна програма складається з десяти параметрів, тому цифри у третьому зліва розряді індикатора можуть змінюватися від 0 до 9.

Отже, як вже було відмічено, режим роботи блока перемикається кнопкою «Р». Номер вибраної програми при цьому можна поміняти тільки в автоматичному режимі, якщо натискувати на кнопку «Ф» і, не відпускаючи її, натискувати кнопку «Р» стільки разів, поки не буде вибраний бажаний номер у другому зліва розряді індикатора. Після включення блока автоматично встановиться програма «0».

Якщо вибрано режим введення параметрів, то перемикання параметрів здійснюються також як і перемикання програм. Якщо в режимі введення

параметрів натискувати на кнопку «Ф» і, не відпускаючи її, натискувати на кнопку «Р», то станеться перемикання номерів параметрів від 0 до 9 в третьому зліва розряді індикатора, а з боку молодших розрядів індикатор відображатиме величину самого параметра.

Аби змінити величину вибраного параметра, спочатку треба стерти старе значення параметра, для цього необхідно натискувати на кнопку «Ф» і, не відпускаючи її, натискувати на кнопку «В». Нове значення параметра набирається послідовно, починаючи із старшого розряду. Спочатку потрібно натискувати на кнопку «Д» стільки разів, поки в молодшому розряді індикатора не з'явиться необхідна цифра, а потім натисненням на кнопку «В» здійснюється зрушення вибраної цифри вліво на один розряд. Коли величина параметра набрана повністю, необхідно зробити запис цього параметра в пам'ять. Для цього потрібно при натиснутій кнопці «Ф» натиснути і відпустити кнопку «Д». Після цього параметр залишається в пам'яті блоку навіть при відключенні живлення [41].

3.2.4.2 Комбіновані робочі органи для висіву насіння

Для проведення експериментальних досліджень у процесі досліджень було виготовлено декілька видів експериментальних робочих органів для традиційної і прямої сівби зернових культур. Лаповий сошник більш якісно розміщує насіння на ґрунтове ложе, пристосований для здійснення смугової сівби, може бути використаним в сівалках для енергоощадних технологій як безпосередньо, так і в складі сошникових вузлів. Дисково-анкерний сошник для традиційної технології сівби і по мульчованому фону, сошниковий універсальний вузол для різних технологій сівби і підживлення посівів.

3.2.4.2.1 Експериментальні зразки лапових сошників культиваторного типу

Конструктивні схеми лапових сошників культиваторного типу приведені на рис. 3.17, загальний вигляд наведено на рис. 3.18.

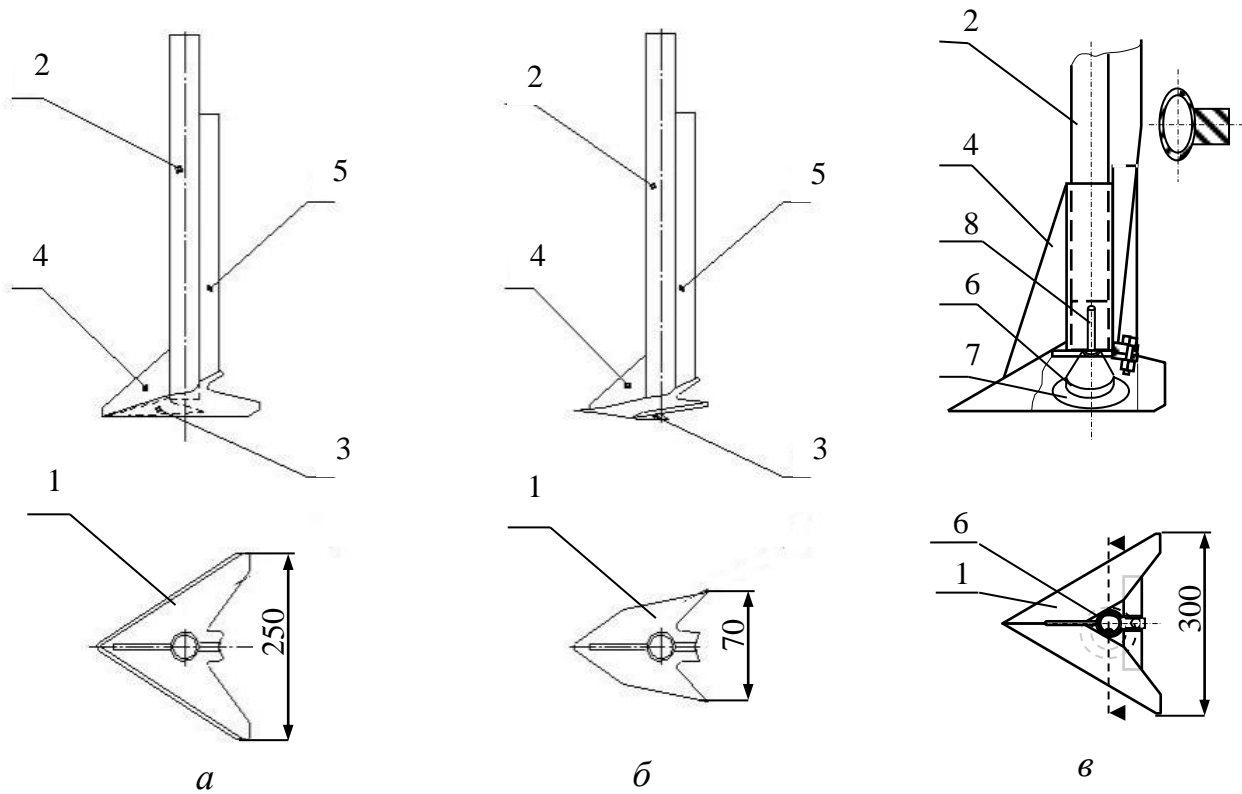


Рис. 3.17. Схеми розроблених сошників лапових сошників культиваторного типу для смугового висіву насіння:

а – з стріловидною лапою; *б* – із стріловидним носком; *в* – з стріловидною лапою і роликом-розсіювачем, *1* – лапа, *2* – стойка-насінноепровід; *3*– відбійник; *4*– анкерний носок; *5*– ребро жорсткості; *6*– ролик-розсіювач; *7*– привідний круг; *8* – вісь

Посівні машини закордонного виробництва, а також конструкція вітчизняної сівалки «Сіріус» виробництва ВАТ «Червона зірка» мають повітрярозподільувальний пристрій, одна із функцій якого забезпечувати смугове розподілення насіння в рядку. Для забезпечення смугового висіву рядковими сівалками без такого пристрою, нами розроблений експериментальний робочий орган (рис. 3.17, *в*), що забезпечує широкосмуговий висів [257].

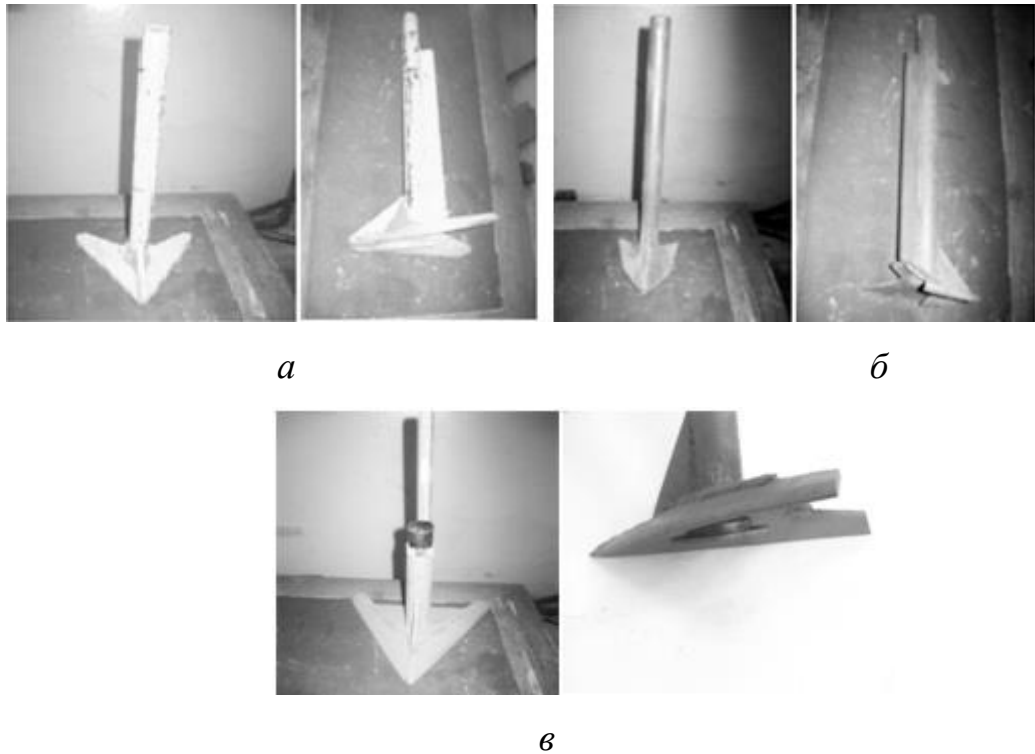


Рис. 3.18. Загальний вигляд експериментальних зразків лапових сошників для смугового висіву зернових культур:

а – із стріловидною лапою; *б* – із стріловидним носком; *в* – з стріловидною лапою і роликом-розсіювачем

Схему експериментального зразка сошника для смугового висіву з роликом-розсіювачем представлено на рис. 3.19. Сошник вміщує трубчаста стійку *1* з прикріпленим до неї гвинтом *2* швидкоз'ємної лапи *3*, що має технологічну трубку *4*, в нижній частині якої в підлаповому просторі між нижнім зрізом трубки *4* і дном борозни в площині, перпендикулярній напрямку руху сошника, під кутом до дна борозни закріплений з можливістю обертання ролик-розсіювач *5*, що вміщує встановлений у корпусі підшипник *5*, який зафіксований на осі *6* гвинтом *7*. З корпусом ролика-розсіювача *5* жорстко з'єднаний привідний круг *11*, при цьому привідний круг *8* торкається дна борозни.

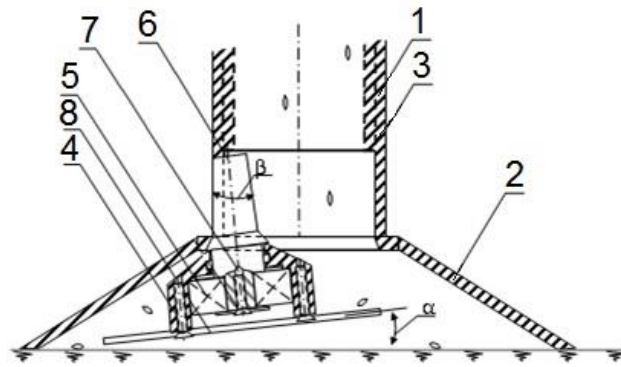


Рис. 3.19. Конструктивна схема сошника з роликом-розсіювачем:

1 – трубчата стійка, 2 – гвинт, 3 – лапа, 4 – технологічна трубка, 5 – ролик-розсіювач, 6 – корпус, 7 – підшипник, 8 – вісь, 9 – шайба, 10 – гвинт, 11 – привідний круг

Насіння культури, що висівається, падаючи по трубчатій стойці 1 і технологічній трубці 4 попадає на поверхню конусу корпусу 6, що обертається з кругом 11 і розсіюється в підлаповому просторі, створюючи широку смугу посіву.

Для досліджень рівномірності розподілу насіння сошником була застосована лабораторна установка з електроприводом ролика розсіювача з регульованим числом обертів для імітації швидкості руху сівалки. Загальний вигляд установки наведено на рис. 3.20.

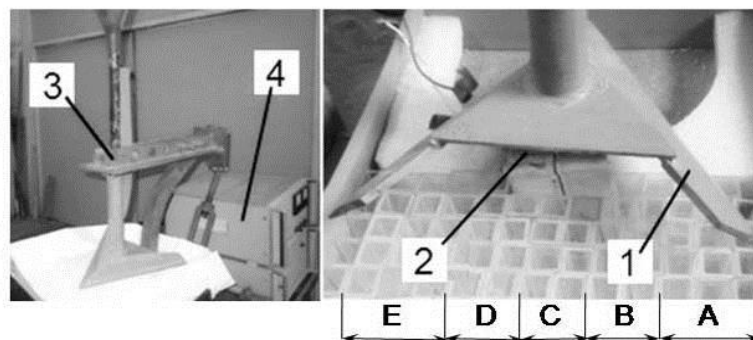


Рис. 3.20. Загальний вигляд установки для досліджень розподілу насіння експериментального зразка сошника з роликом-розсіювачем:

1 – лапа; 2 – ролик з приводом від електродвигуна; 3 – кронштейн; 4 – джерело живлення; А, В, С, D, Е – зони розсівання насіння

Під сошником розташовано лоток із чарунками для насіння, що висівається. Лоток умовно розділено на зони відповідно до рис. 3.20.

При проведенні дослідів за допомогою джерела живлення встановлювали частоту обертання ролика-розсіювача відповідно до швидкості руху сівалки. У сім'япровід рівномірно засипали навіску насіння, що відповідає нормі висіву. Частоти обертання та норми висіву приведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Режими технологічних досліджень сошника з роликом-розсіювачем

Швидкість руху сівалки, км/год	Частота обертання ролика-розсіювача, хв ⁻¹	Норма висіву, млн шт./га
3,6	212	3,5
		4
		4,5
		5
		5,5
5,4	318,5	3,5
		4
		4,5
		5
		5,5
7,2	425	3,5
		4
		4,5
		5
		5,5

Продовження таблиці 3.1

9	531,5	3,5
		4
		4,5
		5
		5,5
10,8	638	3,5
		4
		4,5
		5
		5,5

Після висіву підраховували кількість насінин у чарунках лотка по зонах, вказаних на рис. 3.20. Отримані дані обробляли методами математичної статистики з побудовою графічних залежностей.

Для сівби у попередньо оброблений ґрунт, мульчований пожнивними рештками, нами розроблено пристрій до сівалки СЗ-3,6А, схему якого наведено на рис. 3.21, а фрагмент загального вигляду на рис. 3.22, що дає змогу застосовувати вищеназвані конструкції сошників культиваторного типу і досягнути агротехнологічних вимог.

Пристрій має прикріплену скобами 2 до повідкового бруса сівалки 1 підсилюючу прямокутну трубу 3, до якої за допомогою гряділей 4 шарнірно кріпляться два ряди культиваторних робочих органів, що складаються з тримачів 6, утримуючих трубчаті стійки 7, з закріпленими в нижній частині лапами 8. Для розподілу насіння лапи мають рухомі розсіювачі 9. Внаслідок невеликої довжини гряділі першого ряду робочих органів виконані паралелограмними. Для упередження деформації деталей рами сівалки підсилюючу прямокутну трубу 3 необхідно з'єднати з дісницею сівалки спеціальними розтяжками.

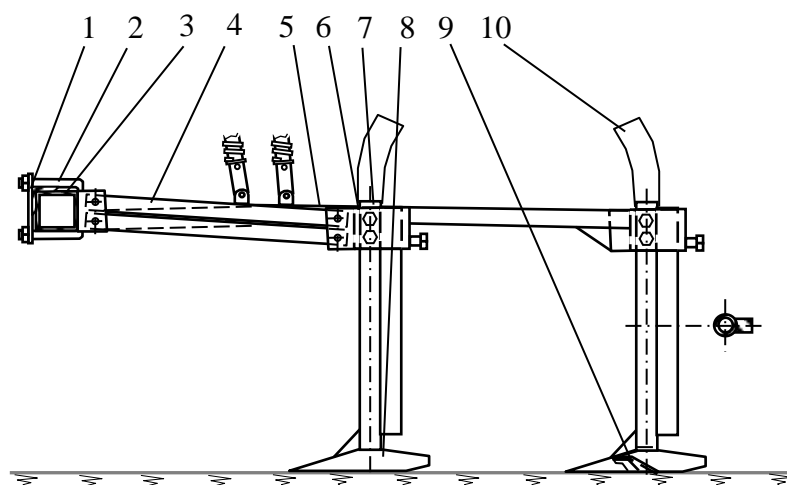


Рис. 3.21. Схема пристрою для кріплення сошників культиваторного типу до зернової сівалки СЗ-3,6А:

1 – повідковий брус, 2 – скоба, 3 – прямокутна труба, 4 – паралелограмна гряділь, 5 – жорстка гряділь, 6 – тримач, 7 – стойка, 8 – лапа, 9 – розсіювач, 10 – насіннепровід



Рис. 3.22. Загальний вигляд фрагменту пристрою для кріплення сошників культиваторного типу до рядової зернової сівалки СЗ-3,6

3.2.4.2.2 Експериментальний зразок дисково-анкерного сошника

Сошник складається з корпусу 1 (рис. 3.23), в якому на осях 2 встановлені з можливістю обертання кутом вперед по ходу руху сошника два плоскі диски 3. Між дисками з корпусом сполучений тримач 4, що складається з двох щік 5. У порожнину, утворену щоками, вставлена кілеподібна частина комбінованого сошника, що має розтруб 6 і наральник 7, і прикріплена до корпусу 1 пружиною 8, а до щік тримача – за допомогою шарнірної підвіски 9, яка розташована відносно ходу сошника ззаду кілеподібної частини.

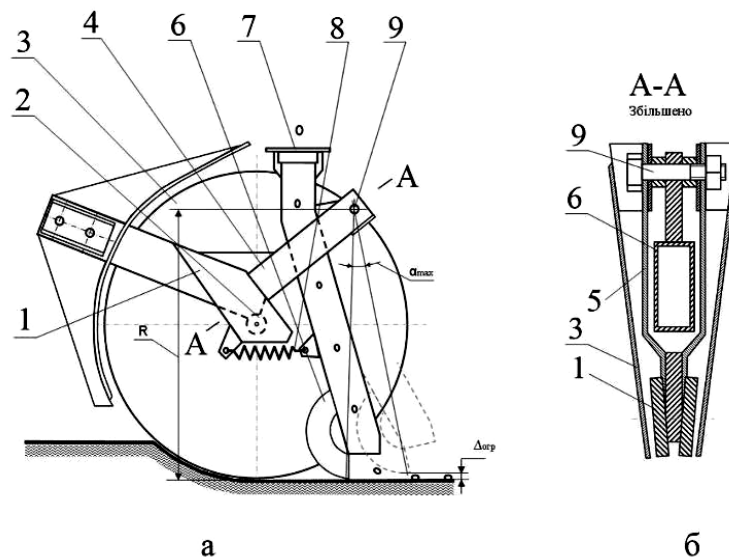


Рис. 3.23. Схема дводискового комбінованого сошника:

1 – корпус; 2 – вісь; 3 – диск; 4 – тримач; 5 – щока; 6 – розтруб; 7 – наральник; 8 – пружина; 9 – шарнірна підвіска; *a* – вигляд збоку при знятому лівому диску, *б* – перетин по А-А

Загальний вигляд сошникового вузла з комбінованим дводисково-анкерним сошником наведено на рис. 3.24.

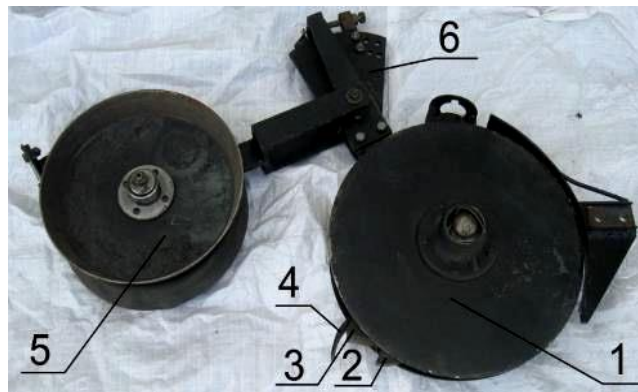


Рис. 3.24. Загальний вигляд сошникового вузла з комбінованим дводисково-анкерним сошником:

1 – диск; 2 – наральник; 3 – насіннепровід; 4 – загортач; 5 – прикочуючий коток; 6 – регулятор глибини загортання насіння

Для досліджень експериментального зразку сошникового вузла з комбінованим дводисково-анкерним сошником була переобладнана селекційно— насінницька сівалка СС-16 (див. додаток В).

3.2.4.2.3 Експериментальний зразок сошникового вузла з дисковим ножем на двопружинній підвісці

Відповідно до обґрунтованих геометричних параметрів сошникового вузла було виготовлено його макетний зразок із розрізаючим зубчастим диском, що має спеціальні V-подібні вирізи, розташовані по периферії з рівними інтервалами, причому одна ріжуча кромка розташована радіально, а друга – під кутом до радіусу і, відповідно, до радіальної ріжучої кромки вирізу.

Схема комбінованого сошникового вузла [253] представлена на рис. 3.25.

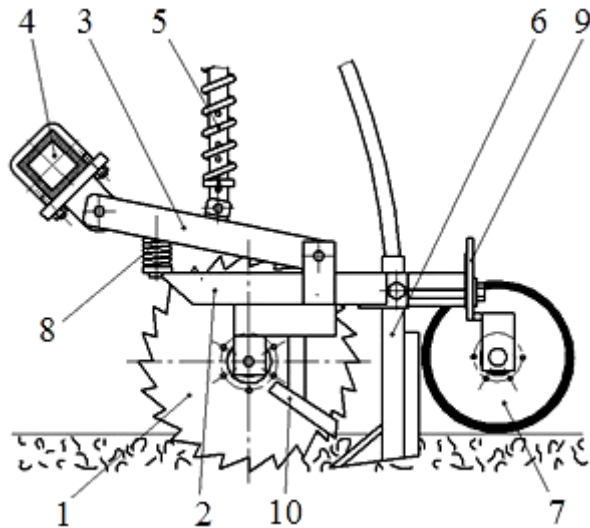


Рис. 3.25. Схема комбінованого сошникового вузла:

1 – зубчастий диск; 2 – корпус; 3 – шарнірно-важільний механізм;
 4 – повідковий брус сівалки; 5 – натискна пружина; 6 – анкер-насіннепровід;
 7 – коток; 8 – пружинний механізм; 9 – механізм регулювання глибини ходу;
 10 – чистик

Сошниковий вузол містить на прикріпленій до повідкової балки 4 на паралелограмній підвісці корпус 2, в якому на осі встановлений з можливістю обертання під кутом до напрямку руху зубчастий диск 1 і прикріпленій до повідкового бруса 4 шарнірно-важільний механізм 3 зі штангою і натискною пружиною 5, між корпусом 2 і важільним механізмом 3 встановлена пружина автоколивань 8. Ззаду диска на корпусі 2 закріплений висівний робочий орган ззаду якого планкою 9 та механізмом регулювання закріплений прикочувальним коток 7. До корпусу 2 прикріплений чистик 10.

Загальний вигляд експериментального зразка наведено на рис. 3.26.



Рис. 3.26. Загальний вигляд універсального сошникового вузла з дисковим ножом, анкером-насіннепроводом і прикочувальним котком

Працює універсальний сошниковий вузол для селекційних сівалок таким чином. При русі посівного агрегату по поверхні ділянки універсальний сошник, який прикріплений до повідкової балки сівалки за допомогою паралелограмної підвіски також рухається в напрямку руху посівного агрегату. Встановлений у корпусі на осі під кутом до напрямку руху зубчастий диск під дією натискної пружини заглиблюється у ґрунт і піл час руху обертається, створюючи при цьому вібраційні коливання, завдяки зубчастому диску, натискній пружині і пружині автоколивань. Зубці диска розпушують ґрунт і частково відкривають насінню борозну, відсуваючи при цьому в бік скосу диска рослинні рештки. Прикріплена до нижнього кінця корпусу під кутом поверхні диска б і контактуюча з нею пластина-чистик очищає диск. Висів насіння, регулювання глибини й ущільнення ґрунту в рядку відбувається робочим органом за допомогою фіксатора положення і котка для ущільнення ґрунту з механізмом регулювання, що закріплений на корпусі. Насінницький матеріал поступає на насінневе ложе через робочий орган. Амплітуду вібраційних коливань зубчастого диска задають параметрами пружин. Глибину висіву насіння забезпечує висівний робочий орган з фіксатором положення та механізмом регулювання з закріпленим прикочувальним котком.

Технічна характеристика експериментального зразка :

- робоча ширина захвату, мм	300
- конструкційна ширина, мм	25... 300
- діаметр дискового ножа, мм	350
- кількість зубців на диску, шт.	24
- висота зубців, мм	0; 10;20;30
- розчин лапи-сошника, мм	25; 50;120;300
- робоча швидкість, км/год	2-12
- габаритні розміри, мм :	
довжина	600
ширина	25-300
висота	600
- маса, кг	18
- агрегується з сівалками	СС-16; СНЦ-10; ССК-6

3.3 Методика проведення експериментальних досліджень

Як було зазначено у главі 2, модель функціонування сівалки можна розглядати як елемент процесу селекційно-насінницьких посівів і як підсистему, що має вхідну вектор-функцію \vec{X} режимів роботи і вихідну вектор-функцію \vec{Y} показників роботи. Складовими вектор-функції \vec{X} є швидкість руху сівалки v , передаточне відношення приводу висівного апарата i , глибина висіву насіння h . Також враховуються конструктивно-технологічні $П_k$ і кінематичні параметри $П_{k1}$ сівалки. Вектор-функція \vec{Y} представлена тяговим опором P , нормою висіву N , рівномірністю висіву r .

У загальному вигляді математична модель функціонування сівалки являє собою поліном, який можна розкласти за методом Бокса–Уільсона в ступеневий ряд вигляду:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n + b_{1,1}x_1^2 + b_{2,2}x_2^2 + \dots + b_{n,n}x_n^2 + b_{1,2}x_1x_2 + b_{1,3}x_1x_3 + b_{1,n}x_1x_n + b_{2,3}x_2x_3 + \dots + b_{2,n}x_2x_n + b_{(n-1),n}x_{n-1}x_n + \dots \quad (3.1)$$

де Y – параметр оптимізації стану системи; x_i і x_j – кодовані значення незалежних факторів, які визначають умови функціонування системи; b_0 – вільний член, рівний виходу при $x_i = 0$; b_i – коефіцієнти регресії відповідних факторів; b_{ij} – коефіцієнти регресії подвійної взаємодії факторів.

Коефіцієнти регресії в рівнянні (3.1) визначаються методом багатофакторного експерименту шляхом варіаційно-статистичної обробки його результатів. Планування багатофакторного експерименту передбачає кодування і варіювання незалежних факторів на трьох основних рівнях: -1; 0; +1, а також, за необхідності, на верхньому та нижньому «зіркових» $\pm 1, 2, 15$.

Згідно з даною методикою проводились дослідження селекційно-насіницької сівалки та її робочих органів.

3.3.1 Стендові дослідження процесу роботи системи електронного управління котушковим висівним апаратом під навантаженням

Для проведення досліджень САУВН стенд був обладнаний електродвигуном 197,3730,12/90 потужністю 90 Вт, напругою 12 В, $n=3600$ хв⁻¹ і черв'ячним понижуючим редуктором з передаточним відношенням $i=1/31$, через який приводиться в рух вал висівних апаратів (ВВА). На ВВА встановлений інфрачервоний датчик, інформація з якого надходить на цифровий індикатор.

Імітатор колеса сівалки обладнаний колекторним електродвигуном МЭ14-А ГОСТ 3940-84, 12/15, потужністю 15 Вт, $n=3000$ хв⁻¹ і циліндричним понижуючим редуктором з передаточним відношенням $i=1/25$. На вхідних кінцях вала редуктора з одного боку встановлений диск індуктивного датчика, а з другого – диск інфрачервоного датчика. Керування обертанням імітатору колеса здійснюється від блока стабілізованого живлення СНП-40

зміною напруги, яка надходить на двигун імітатора. Сигнал від індуктивного датчику поступає в блок керування САУВН і рівень його контролюється за допомогою мілівольтметра ВЗ-38А, встановленого на стенді, і підстроечного резистора ППЗ-11(Р) зі шкалою опору 0– 17 Ом. Сигнал від інфрачервоного датчика поступає на цифровий індикатор обертів колеса сівалки.

Для визначення величини керуючого сигналу для різних режимів роботи САУВН, визначення необхідної потужності для САУВН під навантаженням проводили наступні дослідження. За допомогою цифрових індикаторів обертання колеса сівалки (ЦІКС) і цифрового індикатора обертання вала висівного апарата (ЦІВВА) встановлювали кількість обертів імітатора колеса сівалки «10» (3,6 км/год) і відповідно цій швидкості кількість обертів ВВА, рівне нормі висіву насіння для цієї швидкості руху сівалки. Після встановлення сталих показників індикаторів проводились необхідні заміри напруги, що надходила на двигун ВВА і споживаємого струму. Після зупинки двигуна проводилось завантаження насіння в бункери висівних апаратів. Вмикався двигун і знімались показники з табло ЦІВВА, а також за допомогою вольтметра та амперметра визначалась напруга і сила струму, що споживає САУВН. Вплив навантаження на показники напруги і сили струму визначались при мінімальній і максимальній нормі висіву насіння і різних швидкостях руху сівалки. Для визначення оптимального режиму роботи САУВН розглянемо як робочі чотири режими роботи САУВН. В кожному режимі за постійні величини приймались норма висіву насіння $Q = 100\text{кг/га}$, передаточне число $\eta = 1,333$ і початкова швидкість руху сівалки $V_c=3,6$ км/год, якій відповідає цифра «10» на табло ЦІКС.

Змінними величинами для кожного режиму є ЕДС керуючого сигналу, задана начальна швидкість руху сівалки у вигляді відповідної їй цифри на табло ЦІКС, по якій проводяться налагодження САУВН на заданий режим, і розрахункова норма висіву насіння для цієї заданої початкової швидкості руху сівалки, представлена відповідно цифрою на табло ЦІВВА. У табл. 3.2

приведені показники цифрових індикаторів і ЕДС керуючого сигналу для кожного режиму роботи САУВН.

Таблиця 3.2

Показники індикаторів і ЕДС

Режими	Показники індикаторів		ЕДС сигнала, мВ
	ЦІКС	ЦІВВА	
1	12	16	15, 20, 25, 30
2	14	19	15, 20, 25, 30
3	16	21	15, 20, 25, 30
4	18	24	15, 20, 25, 30

Налагодження САУВН на перший режим проводиться наступним чином. На табло ЦІКС з допомогою регулятора напруги встановлюється цифра «10», що відповідає швидкості сівалки 3,6 км/год.. Потім за допомогою підстроєчного резистора R по показникам мілівольтметра встановлюється значення керуючого сигналу (КС) рівне 15 мВ. Після цього на табло ЦІКС виставляється цифра «12», що відповідає швидкості руху сівалки 4,3 км/год. Проводилось завантаження бункерів насінням. Потім вмикався двигун ВВА і на табло ЦІВВА за допомогою ручки «налагодження» на панелі блока керування виставляється цифра «16» при роботі висівних апаратів. Налагодження на автоматичний режим вважається закінченим. Після цього на кожній зміні кількості обертів колеса сівалки синхронно змінюється кількість обертів ВВА. Проводиться перевірка режиму. Для цього, змінюючи швидкість руху сівалки від 3,6 до 10 км/год., що відповідає зміні показників ЦІКС від «10» до «28», фіксуючи відповідні показники ЦІВВА і зрівнюючи з їх розрахунковими для цих же значень ЦІКС. Дослідження проводили при роботі висівних апаратів на зерні пшениці змінним параметром у кожному режимі є величина керуючого сигналу, тому по кожному режиму проводились чотири досліді відповідно

кількості значень управляючих сигналів, що досліджувалися. Всього по чотирьом режимам проведено 16 дослідів.

Вихідні дані для методики розрахунку режиму роботи САУВН і її дослідної перевірки:

- культура – пшениця;
- норма висіву – 220 кг/га;
- швидкість руху сівалки СН-16 -5 км/год.;
- подача насіння на катушки – зверху.

Для розрахунку необхідно визначити такі параметри, як коефіцієнти передачі для цієї норми висіву насіння η , число обертів ВВА для цієї норми висіву n_1 і число обертів колеса сівалки (КС) для заданої швидкості її руху n_2 .

Налагодження САУВН на режим проводиться за методикою, описаною вище. Спочатку при показниках ЦККС «10» виставлялась ЕДС керуючого сигналу 2020 мВ. Потім на показниках ЦККС «18» виставлялось на табло ЦВВА число «54», рівне настроєній швидкості 6,5 км/ч при заданій нормі висіву насіння 220 кг/га. Після цього настройка на режим вважається закінченою і САУВН забезпечує роботу сівалки в діапазоні її швидкостей від 3,6 до 6,5 км/год. в автоматичному режимі [169].

3.3.2 Адаптація системи електронного управління висівом насіння до висівного катушкового апарата сівалки

Методика стендових досліджень САУВН замість застосування механічної коробки передач сівалок з катушковими висівними апаратами детально відпрацьовувалась. Один блок живлення (12 В) використовувався для живлення двигуна. Другим блоком живлення встановлювали напругу на двигуні імітатора колеса від 2 до 3,5 В. При цьому на табло частоти імпульсів виставлялось значення від 4 до 19 (табл. 3.3) [69].

Таблиця 3.3

Залежність швидкості обертання колеса від суми імпульсів датчика

Σ_i	V,км/год.	Σ_i	V,км/год.	Σ_i	V,км/год.
4	1,87	10	1,87	15	6,99
6	2,8	11	5,13	16	7,46
7	3,27	12	5,60	17	7,93
8	3,73	13	6,06	18	8,40
9	4,2	14	6,53	19	8,86

Що відповідало швидкості руху сівалки від 1,87 до 8,86 км/год.

Швидкість руху сівалки розраховували за формулою:

$$V = \left(\frac{\Sigma_i}{12,5} \right) \cdot 1,62 \cdot 3600, \quad (3.2)$$

де Σ_i – сума імпульсів за секунду.

Враховуючи довжину обода колеса (1,62), передачу між двигуном та датчиком колеса, розраховуємо швидкість, виходячи з того, що 12,5 імпульсів датчика припадає на один оберт двигуна. Коефіцієнти передачі з датчика колеса на двигун висвітлюються на мікропроцесорному пульті керування від 0 до 78.

Вимірювання проводились при різних швидкостях сівалки, що імітувались від 1,87 до 8,86 км/год. Для кожної швидкості необхідно здійснити вимірювання при наступних параметрах передачі датчика колеса на електродвигун: 78; 72; 54; 36; 18. Виходячи з того, що 12,5 імпульсів датчика приходить на один оберт двигуна, розраховується швидкість обертання колеса із середнього значення перерахунків. Фіксується швидкість обертання вала з висівними апаратами. Відношення їх швидкостей – коефіцієнт передачі. За результатами будуємо залежність коефіцієнтів передачі від швидкості руху сівалки.

Для кожної швидкості і коефіцієнта передачі проводиться висів катушковими висівними апаратами. Висів проводиться за часом: після встановлення стабільного обертання імітатора колеса і висівного валу засипається відміряна і рівна кількість зерна, коли зерно починає висипатись із насіннепровода, приймач замінюється на інший на 5, 10 чи 20 с, залежно від швидкості обертання валу з висівними апаратами. «Висіяне» насіння зважується і результат ділиться на тривалість вибору проби і швидкість руху.

Для польових досліджень САУВН був переобладнаний привід ВВА від колеса сівалки СС-16 (базової конструкції виробництва НВО «Селта» 2002 р. випуску, заводський № 1) з механічного (рис. 3.27) на електромеханічний.

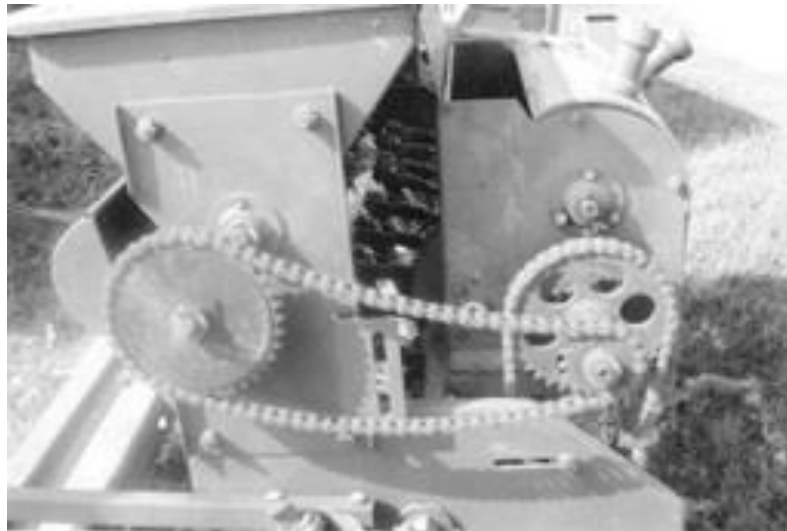


Рис. 3.27. Загальний вигляд механічного приводу ВВА сівалки СС-16

З вала колеса через ланцюгову передачу обертання передається на безконтактний магнітний датчик обертання виконаний на елементах Холла. Датчик автомобільний серійного виготовлення з трипровідним роз'ємом захищений від атмосферних впливів. Один оберт датчика дає десять імпульсів на мікропроцесор. Шестерня встановлена на валу датчика, узгоджена. Шестернею опорного колеса, так, щоб коефіцієнт передачі між ними складав 1. Підключення МСБУ і крокового двигуна виконано універсально кабелем з жилами 1,5 мм². Довжина кабеля вибрана з розрахунком, щоб монтаж МСБУ і МПУ міг проводитись як на сівалці, так і

в кабіні трактора. САУВН підключається як до акумуляторної батареї трактора (бортової електричної системи – 12 В), так і до стенду з низьковольтними блоками живлення і акумуляторною батареєю.

У сівалці вал з катушковими висівними апаратами був встановлений на підшипники ковзання, причому корпуси їх були виконані взаємозамінними із втулочними опорами (рис. 3.28).

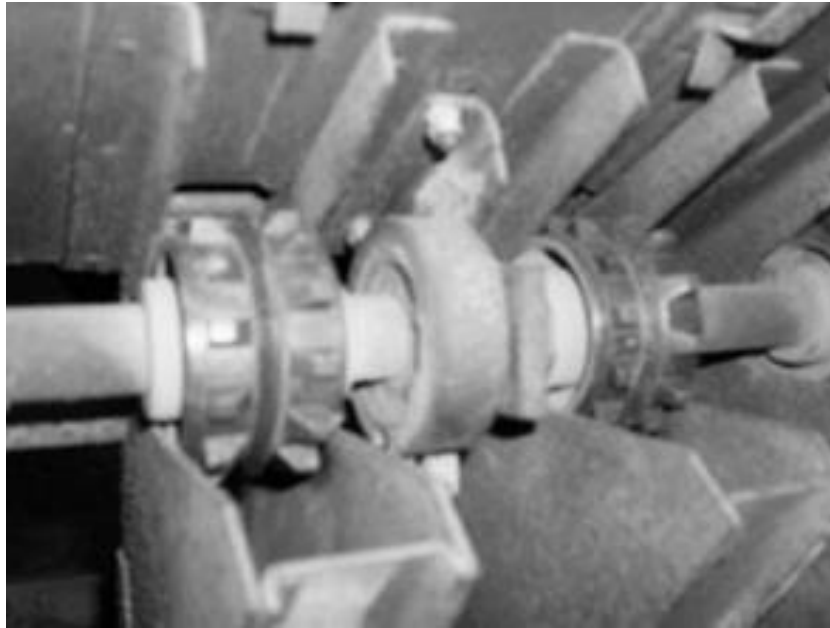


Рис. 3.28. Загальний вигляд переобладнаного ВВА для установки САУВН

На торець вала замість зірочки була встановлена шестерня, яка має 136 зубців, з'єднана з храповим механізмом, як і демонтована зірочка. Кроковий двигун з встановленою на його вала шестернею, що має 17 зубців, закріплюється на кронштейні, який виконаний з можливістю регулювання зазора між зуб'ями шестерень за рахунок паза і кріпиться базовими болтами кріплення до боковини кріплення сівалки.

3.3.2.1 Розробка принципової схеми переобладнання промислової зернової сівалки для дослідження електромеханічної системи приводу висівного апарату

В сівалці СЗ – 3,6 котушкові висівні апарати приводяться в обертовий рух одночасно від обох ходових коліс. Агрегатують сівалку з тракторами «Білорус», ЮМЗ-6 і Т-40А. На базі сівалки СЗ- 3,6 розроблені зернові (зернотукові) сівалки: СЗА- 3,6, СЗУ - 3,6; СЗП— 3,6; зернотукова трав'яна сівалка СЗТ- 3,6 і льонова сівалка СЗЛ- 3,6. Котушковий висівний апарат сівалки СЗ – 3,6 забезпечує висів зерна по пшениці при нормі від 60 до 250 кг/га і швидкості сівалки до 12 км/год.. Норма висіву змінюється за рахунок зміни довжини робочої частини котушки від 10 до 30 мм і встановленого передаточного відношення (0,198; 0,428; 0,616 і 1,330).

Для дослідження електронної системи приводу висівного апарату була взята причіпна зернотукова пресова сівалка СЗП- 3,6 [6], як одна з тих, що найчастіше використовуються в Кримському інституті агропромислового виробництва. Загальний вигляд СЗП - 3,6 приведений на рис. 3.29.

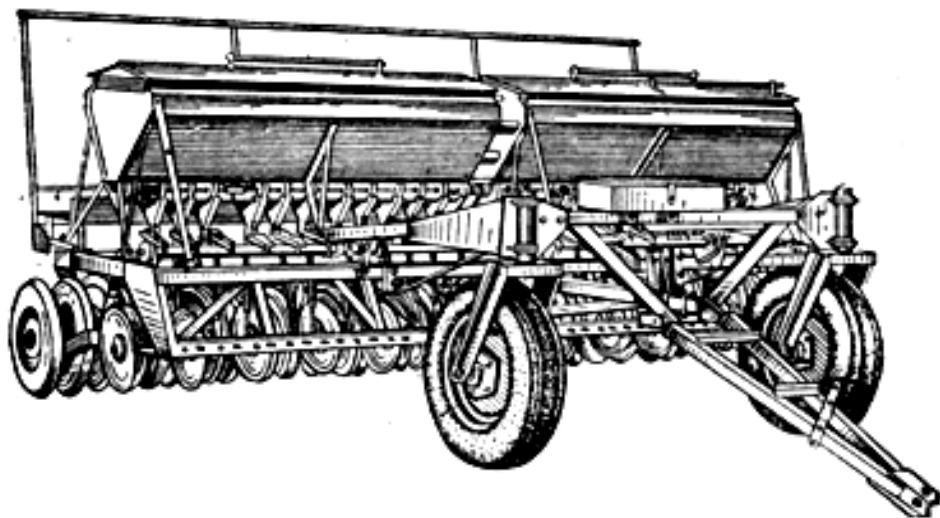


Рис. 3.29. Загальний вигляд СЗП-3,6

Призначається сівалка для рядкової сівби з одночасним прикочуванням ґрунту в засіяних рядках. Кожний коток, рухаючись по засіяному рядку, ущільнює ґрунт, створюючи сприятливі умови для проростання насіння і зменшення видування часточок ґрунту вітром (заміна прикочуючих котків приводними колесами дає звичайну сівалку для районів з підвищеною вологістю). Водночас котки виконують функцію приводу для вала з висівними апаратами. Зчеплення котків з ВВА здійснюється через зірочки ланцюговими передачами. Одна секція відключається від механічного приводу ВВА, тобто буде роз'єднаний на муфті зчеплення ВВА і знятий ланцюг приводу ВВА від котка. На місці приводної зірочки, що встановлена на котку, закріплений датчик обертів (рис. 3.30), а ВВА секції приводиться в рух електронною системою випробуваною на макеті.

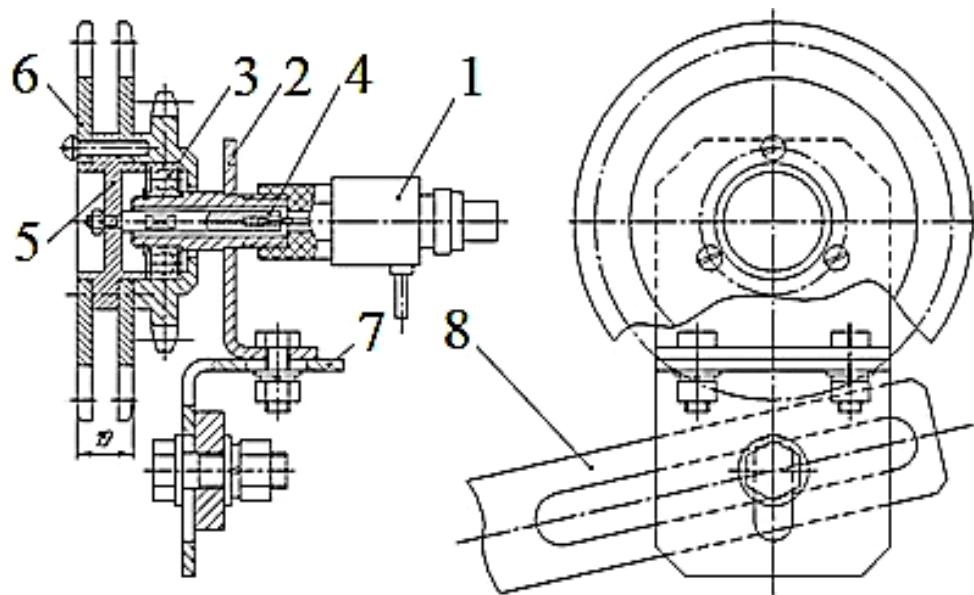


Рис. 3.30. Схема кріплення датчику обертів колеса сівалки СЗП -3,6 :

1 – імпульсний датчик; 2 – корпус приводу; 3 – підшипник, 4 – вал приводу датчика; 5 – кришка; 6 – зірочка; 7 – кронштейн кріплення; 8 – кронштейн натяжної зірочки сівалки

Ескізні креслення кріплення крокового двигуна на сівалці СЗП -3,6 та зчеплення з ВВА через шестерні приведені на рис. 3.31.

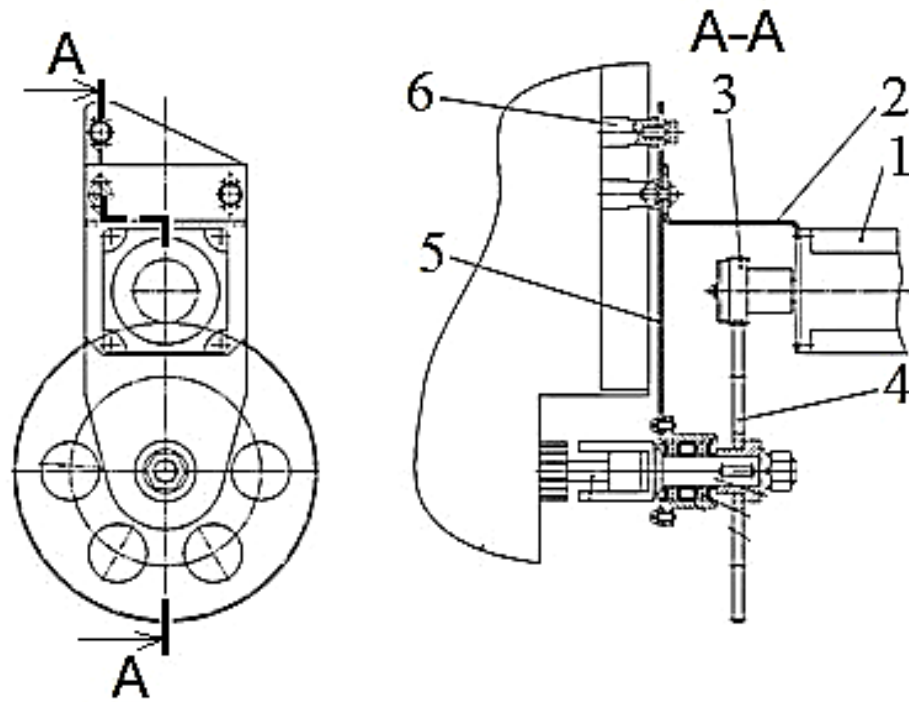


Рис. 3.31. Схема кріплення приводу висівних апаратів зернової сівалки кроковим двигуном:

1 – кроковий двигун; 2 – кронштейн двигуна; 3 – ведуча шестірня; 4 – відома шестерня; 5 – пластина приводу; 6 – опорні стойки пластини приводу; 7 – корпус приводного валу; 8 – приводний вал; 9 – підшипники приводного валу; 10 – сівалка; 11 – вал висівних апаратів

Інша секція, ведуча, обладнана набором зірочок для регулювання обертів ВВА, здійснює висів завдяки базовій механічній передачі руху від приводного котка.

При дослідженні САУВН проводився двофакторний експеримент типу $N = 2^2$. Досліджувалася залежність норми висіву насіння Y від таких факторів: X_1 - швидкість руху сівалки, м/с; X_2 - коефіцієнт передачі мікропроцесорного пульта управління (КП МПУ).

Інтервали та рівні варіювання незалежних факторів представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Кодування та інтервали варіювання незалежних факторів

Найменування рівнів варіювання факторів	Кодові значення факторів	Фізичні значення факторів	
		X ₁ , м/с	X ₂ , од.
Крок варіювання	-	3,1	5
Рівень: верхній	+1	10,5	25
базовий	0	7,4	20
нижній	-1	4,3	15

3.3.3 Лабораторні дослідження конструктивних і фізико-технологічних характеристик висівних робочих органів

Для досліджень амплітудно-частотних характеристик робочих органів і тягового опору розроблена схема на базі двох тонкоплівкових тензодатчиків і датчика вібрації з підсилювачем, контролера (мікроконтролер) Mega-64 з ЖК– індикатором 16×2 і клавіатурою, блоку живлення 9,6, мікросхеми MAX232ESE переходника USB>RS232SP-2108D. Як приймальна сторона використовується будь-яка ПК з системою Windows XP з встановленим драйвером HXSP-2108D, програмою Super Term V2.21 та Microsoft Excel і MathCAD.

Фіксація сигналів, що поступають від датчика, реалізовується за допомогою спеціальної програми Super TermV2.21 з частотою дискретизації 100 ms. Математична обробка результатів вимірювань і їх графічне представлення здійснюється з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel і MathCAD.

Методика реєстрації даних на ПК від вимірювального модуля полягає в наступному. При підключенні переходника USB->RS232 до ПК в списку обладнання з'являється Prolific USB-to-Serial Comm Port. Після цього необхідно запустити програму SuperTermV2.21.exe. Через кнопку «Options»

встановити параметри порту і файлу даних, що приймаються. Натиснути кнопку «ОК» і в основному вікні натиснути «Connect» не більше ніж за 5 с до початку вимірювань. Натиснення «ОК» приведе до прийому даних з контролера – цифри в правій колонці (рис. 3.32).

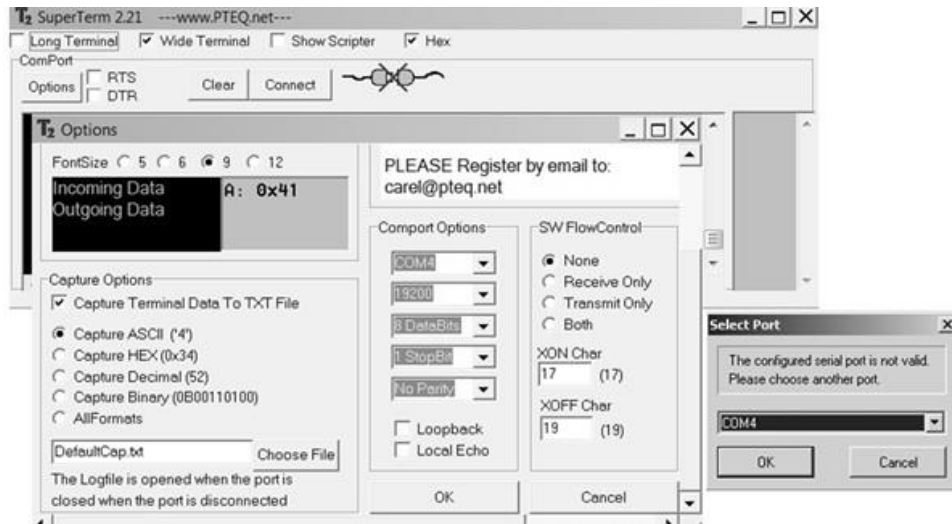


Рис. 3.32. Робочі вікна програми SuperTerm V2.21

По закінченні процесу натиснути кнопку «DisConnect», при цьому термінал перейде у вихідний стан і прийняті дані зберуться в файл «DefaultCap.txt».

Для наступної обробки даних слід запустити програму Microsoft Excel і відкрити в ній файл «DefaultCap.txt» як DOS текст. Подальша обробка отриманих даних здійснюється у MS Office EXCEL з побудовою відповідних графіків (рис. 3.33).

Оскільки вимірювальний балансовий міст налаштований на середню точку характеристики вхідного підсилювача, характеристика симетрична і без гістерезису. Це дає змогу точно калібрувати датчик за зразковим динамометром. Виміри, за отриманими залежностями, таким чином, дають фактичне зусилля на робочих органах, що досліджуються.

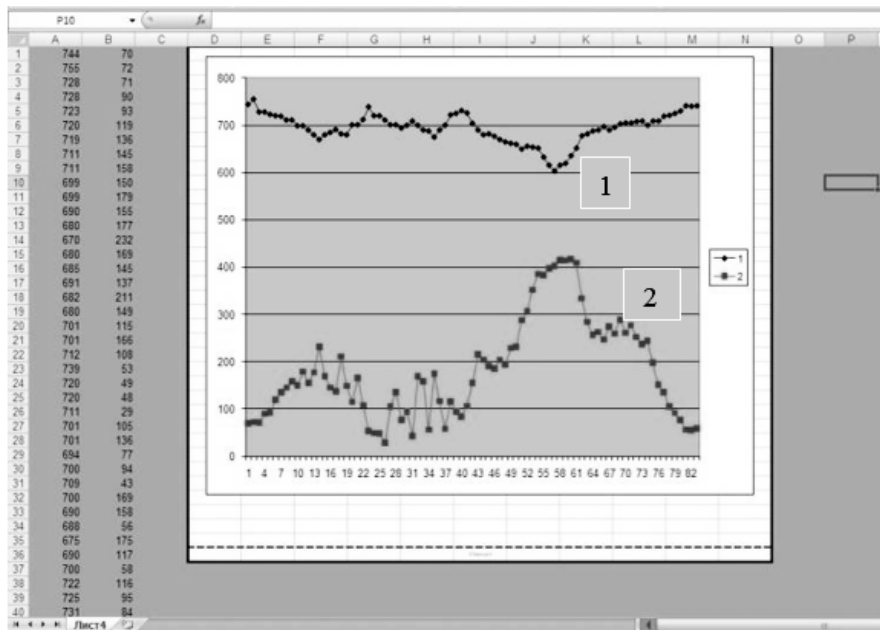


Рис. 3.33. Загальний вигляд вікна з експериментальними даними:

1 – залежність величини тягового опору від відліків часу; 2 – залежність величини вібрації від відліків часу

Для встановлення відповідності одиниць цифрового запису сигналу від датчика тягового опору і величиною сили, що вимірюється проводилось калібрування вимірювального комплексу шляхом його ступінчастого навантаження з побудовою калібрувального графіка. В діапазоні тягового опору, що вимірювався, отримано прямо пропорційний зв'язок з максимальною відносною похибкою 4,17% [68].

Для калібрування вимірювальної установки для визначення амплітудно-частотних характеристик коливальної взаємодії робочих органів з ґрунтом проводилось за наступною методикою. Був розроблений пристрій зі спеціально підібраними параметрами, який дає можливість створювати вібрацію з визначеними діапазонами амплітуди і частоти. Пристрій складається з кривошипно-повзунного механізму з приводом від електродвигуна постійного струму (рис. 3.6). Калібрування проводять в діапазоні робочих значень амплітуди і частоти вібрації робочих органів, що досліджуються. Амплітуда вібрацій задається шляхом зміни довжини кривошипа від 2 до 20 мм з інтервалом 2 мм, а частота плавно регулюється

зміною обертів вала електродвигуна за допомогою блока живлення. Як датчик вібрації використовується стандартний вібровимірювальний п'єзоелектричний перетворювач (ДН-3, ДН-4).

При проведенні калібрування датчик вібрації жорстко закріплюється на повзуні, що здійснює зворотно-поступальний рух. При заданому постійному значенні амплітуди вібрації плавно збільшують оберти вала електродвигуна і фіксують через рівні інтервали частоти вібрації, що створюють числові значення, що відображаються у вікні програми SuperTerm V2.21. Частоту вібрації визначають за кількістю числу обертів валу електродвигуна за допомогою цифрового тахометра АТ-8. Аналогічно виконують калібрування при інших значеннях амплітуди вібрації. За зафіксованими значеннями при допомозі табличного процесора MS Excel будують калібрувальні криві з відповідними рівняннями, які дають змогу за показниками установки для вимірювань визначати амплітудно-частотні характеристики коливальної взаємодії робочих органів з ґрунтом.

Дослідження висівних робочих органів з визначення впливу конструктивних і технологічних параметрів на процес висіву насіння проводились за методикою багатофакторного експерименту.

При проведенні дослідів застосовувався метод математичного планування експерименту. Досліджувалась залежність тягового опору від конструктивних особливостей робочих органів, глибини висіву насіння і швидкості руху висівного агрегату. Для опису процесів, що вивчаються була вибрано математичну модель виду (3.1).

Для визначення коефіцієнтів регресії математичної моделі (3.1) проведені багатофакторні експерименти типу $N = 2^3$. Для зменшення впливу систематичних похибок, що вносились неоднорідністю умов експерименту, проводилась, проводилась рандомізація порядку проведення дослідів [21].

При проведенні багатофакторного експерименту з оптимізації конструктивних параметрів і технологічних режимів роботи універсального сошникового вузла досліджувався вплив таких факторів: X_1 - глибина висіву

насіння, см; X_2 - швидкість руху, м/с; X_3 - висота зубців дискового ножа, см. Інтервали та рівні варіювання незалежних факторів представлені у табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Кодування та інтервали варіювання незалежних факторів

Найменування рівнів варіювання факторів	Кодові значення факторів	Фізичні значення факторів		
		X_1 , см	X_2 , м/с	X_3 , см
Крок варіювання	-	2	1	1
Рівень :верхній «зірковий»	+1,215	8,43	3,22	3,22
верхній	+1	8	3	3
базовий	0	6	2	2
нижній	-1	4	1	1
нижній «зірковий»	-1,215	3,37	0,78	0,78

Відповідна матриця планування трифакторного експеримента з оптимізації конструктивних параметрів і технологічних режимів роботи універсального сошникового вузла наведена у табл. 3.6.

При дослідженні розроблених лапових сошників культиваторного типу для смугового висіву насіння, а також дводиско-анкерного сошника проводились двофакторні експерименти типу $N = 2^2$. Досліджувався вплив на тяговий опір P сошників таких факторів: X_1 - глибина висіву насіння, см; X_2 - швидкість руху, м/с.

Таблиця 3.6

Матриця планування трифакторного експеримента

№ дослідю	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1^2	X_2^2	X_3^2	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3
1	+1	-1	-1	-1	+0,27	+0,27	+0,27	+1	+1	+1
2	+1	+1	-1	-1	+0,27	+0,27	+0,27	-1	-1	+1
3	+1	-1	+1	-1	+0,27	+0,27	+0,27	-1	+1	-1
4	+1	+1	+1	-1	+0,27	+0,27	+0,27	+1	-1	-1
5	+1	-1	-1	+1	+0,27	+0,27	+0,27	+1	-1	-1
6	+1	+1	-1	+1	+0,27	+0,27	+0,27	-1	+1	-1
7	+1	-1	+1	+1	+0,27	+0,27	+0,27	-1	-1	+1
8	+1	+1	+1	+1	+0,27	+0,27	+0,27	+1	+1	+1
9	+1	-1,215	0	0	+0,75	-0,73	-0,73	0	0	0
10	+1	1,215	0	0	+0,75	-0,73	-0,73	0	0	0
11	+1	0	-1,215	0	-0,73	+0,75	-0,73	0	0	0
12	+1	0	1,215	0	-0,73	+0,75	-0,73	0	0	0
13	+1	0	0	-1,215	-0,73	-0,73	+0,75	0	0	0
14	+1	0	0	1,215	-0,73	-0,73	+0,75	0	0	0
15	+1	0	0	0	-0,73	-0,73	-0,73	0	0	0

Інтервали та рівні варіювання незалежних факторів представлені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7

Кодування та інтервали варіювання незалежних факторів

Найменування рівнів варіювання факторів	Кодові значення факторів	Фізичні значення факторів	
		X_1 , см	X_2 , м/с
Крок варіювання	-	2	1
Рівень: верхній	+1	8	3
базовий	0	6	2
нижній	-1	4	1

Енергетичні показники роботи робочих органів, що досліджувались, оцінювались за загальним P (Н) і питомим q (Н/м²) тяговим опором, а також питомими енерговитратами на кришіння шару ґрунту залежно від глибини висіву і швидкості руху. При цьому використовувалась методика проведення багатофакторного експерименту. Факторами, що досліджувались є глибина обробітку ґрунту h (м), швидкість руху v (м/с), функцією відгуку – тяговий опір робочих органів P (Н). Для робочих органів на пружній підвісці враховувався вплив амплітуда і частота коливань робочого органа. Спочатку реалізовувався багатофакторний експеримент для визначення коефіцієнтів рівняння регресії (3.1). Потім проводилось оцінювання адекватності отриманих рівнянь залежно від коефіцієнтів, за результатами якої приймалось рішення про доцільність додаткових досліджень кожного із факторів окремо. Після проведення додаткових дослідів будувались однофакторні регресійні залежності. Достовірність апроксимуючих рівнянь оцінювалась за коефіцієнтом R^2 . При виборі виду емпіричної залежності враховувався також її фізичний зміст.

Питомий тяговий опір q робочих органів, що досліджувались, визначався за формулою:

$$q = \frac{P}{A}, \quad (3.3)$$

де P – загальний тяговий опір робочого органа, Н; A – площа поперечного перетину розпушеної зони ґрунту, м².

Тягові характеристики сошників культиваторного типу досліджувались за вищеописаною методикою. Рівномірність розсіву насіння пшениці визначалась на експериментальній лапі шириною 300 мм, встановленій на спеціальному стенді з приводом конусного ролика з повідним кругом 90 мм двигуном постійного струму (характеристики) від блока стабілізованого живлення СНП-40. Змінні параметри швидкість обертання ролика залежно від швидкості сівалки, м/с: 1,5; 2;3;4, що імітувалась. Розподіл насіння

здійснювався у спеціальні ємності, встановлені під проекцією площини лапи за визначеними зонами. Насіння зважувалось і дані заносились у таблицю.

Дослідження енергетичних показників універсального сошника залежно від складу, геометричних параметрів і фізико-механічних характеристик ґрунту проводилось за методикою багатофакторного експерименту. Універсальний сошник із зубчастим дисковим ножом діаметром 350 мм, суцільним лезом і зубчастим з висотою зубців: 10; 20; 30 мм, розстановкою зубців 24 шт.; розрахованою номінальною жорсткістю натискної пружини і пружини віброколивача, з сошником анкерного типу чи стрілоподібною лапою досліджувались за вищевикладеною методикою залежно від фізико-механічних властивостей ґрунту, глибини ходу і швидкості руху. Серед технологічних параметрів, що досліджувались, ширина борозни й ефективність прикочувальних коточків.

При оцінюванні якості розробки ґрунту в лабораторних умовах визначаються такі показники:

- глибина обробітку ґрунту;
- відхилення середньої глибини обробітку ґрунту від заданої;
- глибина борозен на поверхні обробленого ґрунту.

Глибина обробітку ґрунту визначається без урахування його розпушеності. Для цього після проходу робочого органу на поверхню ґрунту кладеться горизонтальна руху координатна рейка перпендикулярно напрямку його так, щоб кінець її спирався на необроблену частину ґрунту. Глибина обробітку ґрунту змірюється по всій ширині спушеної робочим органом смуги ґрунту шляхом занурення щупа до необробленого шару ґрунту з інтервалом 1 см по ширині відповідно до координат рейки. Точність вимірювань $\pm 0,5$ см. Відтань від нижньої грані рейки до точки опори щупа складає глибину обробітку ґрунту без урахування розпушеності, проводиться через кожні 5 см по ходу руху і вираховується середнє значення глибини борозен.

Відхилення середньої глибини обробітку ґрунту від заданої визначається по сліду проходу робочого органу і по ширині спушеної смуги ґрунту як різниця між фактичною середньою глибиною обробітку і встановленою глибиною обробітку.

Відповідні до програми експериментів для досліджень напружено-деформаційного стану ґрунту вивчаються його фізико-механічні властивості: вологість, твердість і деформаційний показник.

Перед проведенням кожного досліду визначають вологість ґрунту ваговим методом у п'ятикратній повторності на глибині роботи сошників.

3.3.4 Лабораторно-польові-дослідження і виробнича перевірка експериментальних зразків

При дослідженнях використовувались експериментальні зразки технічних засобів, схеми і загальний вигляд яких зображено на рис. 3.13 – 3.17; 3.25; 3.28.

Лабораторно-польові дослідження і виробнича перевірка експериментальних зразків здійснювалися в умовах дослідних господарств Кримського інституту агропромислового виробництва УААН, Інституту сільського господарства Криму НААН, Генічеської дослідної станції Інституту зернового господарства НААН, Селекційно-генетичного інституту Національного центру насіннезнавства та сортовивчення, Інституту зрошуваного землеробства НААН України, Південно-Української філії УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, ННЦ «Інститут землеробства НААН».

3.3.4.1. Лабораторно-польові дослідження системи автоматичного управління висівом насіння сівалкою модельного ряду СН-16

Для проведення польових досліджень сівалка навісна селекційно-насінницька була переобладнана з механічної передачі руху на вал з

висівними котушками на електромеханічну (рис. 3.34). Ворушивка була від'єднана, щоб не перевантажувати двигун. Для виконання переобладнання сівалки інших доопрацювань конструкції вузлів і елементів сівалки не проводилось. Перепідключення приводу висівного вала і налагодження системи автоматичного керування висівом насіння, за умови попередньої підготовки, займає 40 – 50 хв. З вала колеса через ланцюгову передачу рух передається на безконтактний магнітний датчик, виконаний на елементах Холла. Датчик автомобільний серійного виготовлення з трипровідним роз'ємом захищений від вібрації, пилюки і атмосферних впливів. Один оберт датчика дає десять імпульсів на мікропроцесор, шестерня датчика привода колеса погоджена із шестернею опорного колеса так, що коефіцієнт передачі між ними рівний 1.

Підключення МСБУ і двигуна виконано універсально – довжина кабеля взята з розрахунком, щоб монтаж МСПУ і МПУ міг проводитися як на сівалці, так і в кабіні трактора. Система підключається як до акумулятора (АКБ) трактора (бортової електромережі – 12 В), так і до стенда з низьковольтними блоками живлення і АКБ.

У сівалці вал з котушковими висівними апаратами встановлений на підшипниках. На торець висівного вала замість зірочки встановлена шестерня, яка має 136 зубців, з'єднана з храповим механізмом, як і демонтована зірочка. Двигун із встановленою на його валу шестернею, що має 17 зубців, кріпиться на кронштейні, який виконаний з можливістю регулювання зазора між зубцями шестерні за рахунок паза і кріпиться базовими болтами кріплення бункера сівалки. Залежно від швидкості руху сівалки, агрегатованої з трактором МТЗ-82, сівалку, налаштовану на норму висіву 175–180 кг/га приводили в рух по попередньо розміченому полю (по 25 м) трактором на дев'яти передачах (з першої по дев'яту), що відповідало швидкості від 2,5 до 33,4 км/год (додаток Б). Механічна коробка передач була відключена. Заданий коефіцієнт передачі підтримувався виключно електроімпульсною системою керування висівом. Математична обробка

даних результатів польового дослідження виконується методом дисперсійного і кореляційно-регресійного аналізів [12] на персональному комп'ютері.



Рис. 3.34. Польові дослідження експериментального зразку системи автоматичного керування висівом насіння на сівалці СС-16

3.3.4.2. Лабораторно-польові дослідження системи автоматичного управління висівом насіння сівалкою модельного ряду СЗ-3,6

Методика польового експеримента включала такі етапи. На машинному дворі, відповідно до технічної документації сівалки СЗП-3,6 проводиться налагодження висівних апаратів за рівномірністю розподілу зерна, що висівається:

- 1 – рівномірне завантаження зерна в бункер;
- 2 – установка заслінки подачі зерна на катушку, так, щоб зерно не пересипалось через верх катушки, і катушка при русі не затискалась між клапаном і дном;
- 3 – установка важеля піджиму дна для всіх висівних апаратів у середнє положення;
- 4 – вмикається електроживлення й імітується рух сівалки на відстань 16,2 м (10 обертів приводного колеса сівалки);
- 5 – сівалка очищується від залишків зерна;

6 – регулюється, за результатами тестового висіву, положення котушки – зазор робочої частини відкритої для проходження зерна (мало зерна – збільшується, багато – зменшується);

7 – операції 5 і 6 повторюються до досягнення рівномірності висіву всіма висівними апаратами (рівномірним висівом вважається різниця не більше 2% від середнього значення);

8 – установкою коефіцієнта передачі від 1 до 40 на блоці МБУ встановлюється необхідна кількість висіву насіння на гектар, виходячи із ширини міжрядного простору й отриманого погонного висіву одного висівного апарата.

Оскільки сівалка сіє 12 рядків механічною частиною і 12 рядків електронною, то для аналізу отриманих польових сходів:

- викопуються рослини із 12 рядків (1м кожного рядка);
- перераховуються насіння, від яких ці рослини проросли.

Аналіз проводиться на трьох ділянках з однаковою КП МБУ і швидкістю руху трактора (рис. 3.35). Результати усереднюються і зводяться в таблицю.



Рис. 3.35. Загальний вигляд експериментального агрегату СЗП-3,6 з електромеханічним приводом висівного апарату

3.3.4.3. Дослідження дводисково-анкерного сошникового вузла

Для досліджень комбінованих дводисково-анкерних сошників використовувався ґрунтовий канал у лабораторних умовах, а в польових – зернопаропросапна сівозміна на темно-каштановому середньосуглинковому ґрунті. Технологічні дослідження конструктивних рішень розроблених експериментальних зразків сошникових вузлів за обґрунтованими параметрами за описаною методикою (розд. 3.3.3.1) проводили визначення тягового опору сошникового вузла, а в польових умовах – при висіві проса і зернових культур.

За програмою агротехнологічних досліджень ІЗЗ НААН, просо в сівозміні розміщено після пшениці озимої, основним обробітком була оранка на глибину 20 – 22 см. Рано навесні провели боронування, а при настанні оптимальних строків сівби здійснили передпосівну культивуацію на рекомендовану глибину загортання насіння від 3 до 5 см. До сівби приступили безпосередньо після завершення культивації. Сівбу проводили сівалкою СН-16 в агрегаті з трактором Т-25. Сівалка обладнана 13 сошниками з яких: 7 – сошникові вузли з комбінованих дводисково-анкерних сошників з прикочуючими коточками і 6 – базові дводискові.

Провели порівняльне визначення глибини загортання насіння проса при використанні сошників різної конструкції й оцінювання їх впливу на рівномірність отримання сходів і розвитку рослин при сівбі на глибину – 3; 4; 5 см.

Проведено оцінювання якості сівби (глибини загортання, рівномірності розподілу насіння) залежно від швидкості руху посівного агрегату та типу сошника при агрегуванні з трактором Т-25 на швидкостях 7,2; 9,6; 14,5км/год.

3.3.4.4. Дослідження сошника культиваторного типу для смугового висіву насіння

Для проведення попередніх агротехнологічних досліджень використовувалась лабораторна установка в ґрунтовому каналі ПФ НУБіП України «КАТУ». Сошники, що досліджуються, закріплюються на поперечних балках рухомої рами робочого візка і встановлюються на задану глибину роботи в ґрунті. Ширина захвату лап сошників (рис. 3.3): a – 250 мм; b – 70 мм; c – (з роликком розсіювачем) – 300 мм.

Експериментальний зразок пристрою до сівалки СЗ-3,6, що включає 16 робочих органів, поставлене в Інститут зрошуваного землеробства НААН, на дослідних полях лабораторії неполивного землеробства проведено висів ячменю ярого сорту Сталкер.

Пристрій включає прикріплену скобами до повідкового бруса сівалки підсилюючу прямокутну трубу, до якої за допомогою грядилей шарнірно кріпляться два ряди культиваторних робочих органів, що складаються з тримачів, утримуючих трубчасті стійки, із закріпленими у нижній частині лапами. Для розподілу насіння лапи мають рухомі розсіювачі. Внаслідок невеликої довжини гряділі першого рядка робочих органів виконані паралелограмними. Для упередження деформації деталей рами сівалки підсилююча прямокутна труба з'єднана з сницею сівалки розтяжками.

Перед використанням пристрою із сівалки знімають сошники разом з повідками. Потім до повідкового бруса скобами прикріплюють підсилюючу прямокутну трубу, яку з'єднують зі сницею розтяжками. До кронштейнів труби за допомогою пальців шарнірно підвішують гряділі, у тримачі яких вставляють стійки з лапами. На верхні кінці трубчастих стійок надівають насіннепроводи. Регулювання розташування лап за висотою виконується на рівній площадці так само, як і розташування робочих органів культиватора.

Розроблений пристрій до сівалки СЗ-3,6 дає змогу практично у польових умовах виконувати заміну дискових сошників на лапові. У попередніх дослідженнях на площі більшій 1 га переобладнаною сівалкою проведений

висів ячменю ярого за технологією mini-till з трьома видами попереднього поверхневого обробітку ґрунту: оранка на глибину 18–20 см; чизельний обробіток на глибину 18–20 см; дискування на глибину 12–14 см. Лаповий сошник більш якісно розміщує насіння на ґрунтове ложе, пристосований для здійснення смугової сівби, тому об'єктом досліджень вибрано сошник культиваторного типу.

3.3.4.5. Лабораторно-польові дослідження сошникового вузла з дисковим ножом

Польова працездатність експериментального комбінованого сошника перевірялась на необробленому полі по стерні пшениці з твердістю у горизонті 0...0,08 м, що становила 0,95 МПа і при відносній вологості ґрунту 60%, а також на полі з поверхневим обробітком при твердості вказаного горизонту 0,8 МПа і вологістю 48%. Твердість ґрунту визначалась твердоміром Ревякіна Ю.Ю. (рис. 3.36) з плоскими штампами у місцях відбору проб на вологість у п'ятикратній повторності. Деформаційний показник ґрунту визначався в місцях взяття проб на вологість, за допомогою польового приладу на базі твердоміру Ревякіна Ю.Ю. із штампами напівсферичної форми [142].

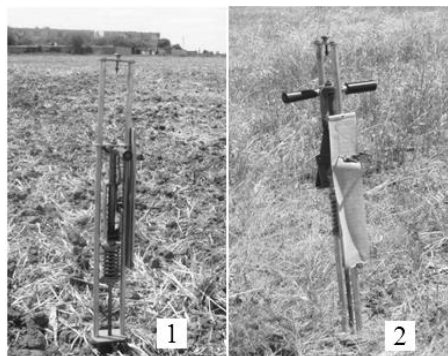


Рис. 3.36. Загальний вигляд фрагментів ділянок для визначення твердості посівного шару ґрунту:

1 – з мінімальним обробітком; 2 – без обробітку

На поверхні необробленого поля кількість рослинних решток досягало 650 г/м^2 , були наявні рослинні рештки довжиною понад $0,5 \text{ м}$. Поверхневий шар являв собою мульчу, що включала 350 г/м^2 стерньових решток. Траплялись скупчення із вмістом 550 г/м^2 .

З економічних міркувань як тяговий засіб використовувався мотоблок «Нева» з двигуном 6 к. с. (рис. 3.37).



Рис. 3.37. Агрегат для дослідження на базі мотоблока «Нева»

У процесі досліджень як із зубчастим диском, так і з гладким варіювали:

- швидкість руху в межах $1,5 \dots 2 \text{ м/с}$;
- заглиблення анкера (лапи), змінюючи його положення відносно нижнього кінця чистика від 0 до $0,02 \text{ м}$;
- глибину ходу диска в діапазоні $0,04 \dots 0,08 \text{ м}$;
- зусилля вдавлювання (шляхом стиснення натискної пружини з урахуванням її жорсткості).

Присутність рослинних залишків в нижній частині борозни, що створювалась перевіряли шляхом підкопування сліду сошника на глибині ходу кінця анкеру [43].

Величину деформації поверхні ґрунту оцінювали шляхом заміру ширини бугорка спушеного ґрунту, що створювався між слідами котків опорно-прикочуючого пристрою. Дані замірів оброблялись методами математичної статистики.

3.3.5 Загальна методика обробки експериментальних даних та оцінювання їх адекватності

У відповідності до програми експериментів визначались показники, які характеризували особливості емпіричних сукупностей та на їх основі отримувалася математичний вираз рівнянь регресії і оцінювання їх адекватності. Математична обробка даних результатів лабораторних і польових дослідів по апробації і впровадженню системи автоматичного керування котушковим висівним апаратом та висівних робочих органів виконувалася методами дисперсійного і кореляційно-регресійного аналізів на персональному комп'ютері.

3.3.5.1 Визначення статистичних характеристик експериментальних даних

В процесі досліджень вивчались фізико-механічні властивості ґрунту: вологість, твердість, деформаційний показник [88,142]. Методика визначення показників розроблена на основі вимог ГОСТ 20915-75. Визначення вологості перед дослідом проводилось ваговим методом у п'ятикратній повторності по шарах: 0...10 см. Для цього відібрані проби ґрунту зважувались до і після сушки в сушильній шафі при температурі 105°C. Вологість ґрунту W визначалась за формулою:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100, \quad (3.4)$$

де W – вологість ґрунту, відсотків; m_1 – маса проби ґрунту перед сушінням, г; m_2 – маса проби ґрунту після сушіння, г.

Методика визначення деформаційного показника ґрунту основана на вимірюванні зусилля в області контакту плунжера з ґрунтом. Деформаційні характеристики дають змогу знайти залежність між механічними силами, що діють на ґрунт і деформаціями, що є результатом впливу цих сил.

Деформаційний показник визначався в місцях взяття проб на вологість в шарі: 0...10 см у п'ятикратній повторності за допомогою польового приладу на базі твердоміру Ревякіна Ю.Ю. зі штампами напівсферичної форми.

При напівсферичній формі штампа деформаційний показник визначається за виразом [142]:

$$\nu = \frac{4\sqrt{[h(2R-h)]^3}}{3\pi RP}, \quad (3.5)$$

де ν – деформаційний показник ґрунту, м²/Н; R – радіус напівсферичного штампа, м; h – максимальна глибина занурення штампа в ґрунт, м; P – зусилля при зануренні штампа на глибину h , Н.

Зусилля P із формули (3.5) визначалось за виразом:

$$P = C \cdot Y, \quad (3.6)$$

де C – жорсткість пружини приладу, Н/мм; Y – ордината діаграми, що відповідає максимальній глибині занурення штампа в ґрунт, мм.

Твердість ґрунту визначалась твердоміром Ю.Ю. Ревякіна в місцях взяття проб на вологість в шарі: 0...10 см в п'ятикратній повторності. Середня твердість ґрунту визначалась за формулою:

$$p = P / S, \quad (3.7)$$

де p – середня твердість ґрунту, Н/см²; P – середнє зусилля вдавлювання плоского штампу, Н; S – площа основи плунжера, см².

Середнє зусилля вдавлювання знаходилось за виразом:

$$P = Y_{cp} \cdot \delta, \quad (3.8)$$

де Y_{cp} – середня ордината діаграми, мм; δ – жорсткість пружини твердоміру, Н/мм.

Середнє значення ординати розраховувалась за формулою:

$$Y_{cp} = F_i / h_i, \quad (3.9)$$

де F_i – площа i -ї діаграми, мм²; h_i – глибина занурення плунжера по i -й діаграмі, мм.

Для визначення глибини борозни після проходу робочого органу на поверхність обробленого ґрунту клалась горизонтальна рейка перпендикулярно напрямку руху робочого органу, і замірялась лінійкою відстань від нижньої точки борозни до нижньої грані рейки з точністю $\pm 0,5$ см в 20-ти точках через кожні 0,2 м по ходу руху. Результати вимірювань заносились у відповідні таблиці.

Обробка результатів вимірювань здійснювалась методами математичної статистики на ПК з метою визначення середнього значення \bar{x} , середньоквадратичного відхилення σ і коефіцієнту варіації K_B .

Відхилення середньої глибини обробітку ґрунту від заданої визначалось по сліду проходу робочого органу по сліду проходу робочого органу і по ширині запусеної полоси ґрунту як різницю між фактичною середньою і установочною глибиною обробітку.

Рівномірність ходу робочого органу по глибині оцінювалась по середньоквадратичному відхиленню і коефіцієнту варіації фактичної глибини обробітку.

Для встановлення відповідності одиницям цифрового запису сигналу від датчика тягового опору і величиною сили, що вимірювалась, проводилось калібрування вимірювального комплексу шляхом його ступеневого його навантаження з побудовою калібрувального графіку.

3.3.6 Визначення статистичних характеристик експериментальних даних

Обробка даних, отримання в результаті проведення дослідів, здійснювалась на ПК з використанням методів математичної статистики [29, 74,76,116,163]. При цьому визначались наступні показники:

– середньоарифметичне значення:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (3.10)$$

де x_i – текуче значення вимірюємої величини;
 n – кількість вимірювань,

– дисперсія:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}, \quad (3.11)$$

– середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (3.12)$$

– коефіцієнт варіації:

$$K_B = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100, \quad (3.13)$$

– середньоквадратичне відхилення середнього арифметичного значення:

$$m = \sigma / \sqrt{n}, \quad (3.14)$$

– відносна похибка вибіркової середньої:

$$p = \frac{m}{\bar{x}} \cdot 100. \quad (3.15)$$

Грубі похибки виключались з використанням правила «трьох стандартів», згідно якому різниця між результатом вимірювань x_n і середнім

арифметичним значенням не повинна перевищувати трьох середньоквадратичних (стандартних) відхилень:

$$|x_n - \bar{x}| \leq 3\sigma. \quad (3.16)$$

При невиконанні умови (3.16), тобто коли $|x_n - \bar{x}| > 3\sigma$, результат вимірювань x_n виключається із подальшого розгляду.

3.3.7 Методика підбору емпіричних формул

При визначенні параметрів найкращі результати дає використання методу найменших квадратів. В лінійному вигляді коефіцієнти рівняння прямої, використовуючи метод найменших квадратів, визначають за формулами:

$$a = \frac{\sum X^2 \sum Y - \sum X \sum XY}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (3.17)$$

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (3.18)$$

де Y – дослідні значення; n – число вимірювань (дослідів).

В наведених формулах передбачається, що всі виміри рівноважні.

Для усунення «шуму» дослідів, зберігши інформацію про істинні функції, застосовували згладжування емпіричних даних, тобто заміну даної таблиці дослідних точок іншою таблицею близьких до неї точок, що лежать на довільно гладкій кривій.

Згладжування проводиться за допомогою багаточленів, приближаючи по методу найменших квадратів вибрані групи дослідних точок. Лінійне згладжування проводять багаточленом першої степені, а для нелінійного застосовували багаточлени третьої степені. Оскільки найкраще згладжування досягається для середніх точок (коли враховується інформація про поведінку функції по обидві сторони від точки, що згладжується), то кількість точок

для згладжування вибирали непарним, а групи точок ковзаючими вповодж всієї таблиці.

3.3.8 Аналіз і узагальнення експериментальних даних

При узагальненні експериментальних даних застосовували методи дисперсійного, кореляційного і регресійного аналізів.

В результаті дисперсійного аналізу можна провести оцінку значимості різниці між середніми значеннями величин X_1 і X_2 по найменшій суттєвій різниці (HCP). Критерій HCP вказує граничну похибку для різниці двох вибірових середніх значень. Якщо фактична різниця $d \geq HCP$, то вона статистично суттєва, а якщо $d < HCP$, то несуттєва. Щоб визначити HCP , необхідно по даним дисперсійного аналізу вирахувати похибку різниці середніх значень:

$$s_d = \sqrt{s_{\bar{x}_1}^2 + s_{\bar{x}_2}^2}, \quad (3.19)$$

$$HCP = t_{n\alpha} \cdot s_d. \quad (3.20)$$

Показник HCP широко використовується при оцінці результатів експериментальних досліджень.

3.3.8.1 Кореляційний аналіз

Вибірковий коефіцієнт кореляції величин X і Y розраховуються за наступною формулою:

$$r_{xyB} = \frac{1}{n-1} \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{S_x S_y}, \quad (3.21)$$

де S_x и S_y – вибіркові середньоквадратичні відхилення величин X і Y

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Встановлення норми висіву системою електронного управління катушковим апаратом

Зв'язок частоти обертання вала висівного апарата з частотою обертання колеса сівалки виражається формулою [198]:

$$\eta = \frac{N_2}{N_1}, \quad (4.1)$$

де η – передаточне число; N_1 – кількість обертів колеса сівалки, хв.⁻¹; N_2 – кількість обертів ВВА, хв.⁻¹,

$$N_2 = V_c \frac{V_c}{\pi D}; \quad (4.2)$$

$$N_1 = \frac{V_c m_p q}{1000 \cdot m_2}, \quad (4.3)$$

де D – діаметр колеса сівалки, м; V_c – швидкість руху сівалки, м·хв.⁻¹ ;

m_p – кількість насіння, висіяного на 1 погонному метрі (пм) при заданій нормі висіву, шт.; q – маса 1000 шт. насіння, г; m_2 – маса насіння, що висівається катушкою за один оберт ВВА, г.

Підставивши значення (4.2) і (4.3) у вираз (4.1), отримаємо наступний вираз для розрахунку передаточного числа:

$$\eta = \frac{1000 \cdot m_2}{\pi D q m_p} \quad (4.4)$$

Кількість насіння в 1 пм рядка визначається за виразами:

$$m_p = 10^{-4} Q_{шт.п} \quad (4.5)$$

$$m_n = 0,1 Q_r n \quad (4.6)$$

де m_p – кількість насіння, висіяного на 1 погонному метрі (пм); m_n – кількість насіння в 1 пм рядка, г; $Q_{шт}$ – норма висіву насіння на 1 га в шт. і г; Q_r – відстань між рядками, м.

Співвідношення m_p і m_n можна представити виразом:

$$m_p = \frac{1000 \cdot m_n}{q} = \frac{100 \cdot Q_r \cdot n}{q}, \text{шт.} \quad (4.7)$$

Підставивши вираз (4.7) у формулу (4.4) і прийнявши значення, $D=0,48$ м, отримаємо

$$\eta = \frac{6,63 \cdot m_2}{Q_r \cdot n} \quad (4.8)$$

За отриманим виразом можна визначити передаточне число електропривода при заданій нормі висіву насіння.

У результаті проведених досліджень отримано емпіричну формулу, що зв'язує кількість обертів ВВА, швидкість руху сівалки і передаточне число:

$$N_1 = 1,66 \frac{V_c}{\eta}, \text{хв}^{-1} \quad (4.9)$$

Для управління висівом насіння і підрахунку витрат насіннєвого матеріалу при здійсненні висіву на ділянках з різними сільськогосподарськими культурами і нормами висіву необхідно знати такі показники роботи сівалки, як кількість обертів ВВА для заданої норми висіву насіння при встановленій швидкості руху сівалки і кількості насіння, що подається при цьому в сошники за один оберт катушки. Оскільки кількість насіння, що подається за один оберт катушки, залежить від культури, повноти насіння та інших фізико-механічних характеристик, проведено експериментальне визначення цієї величини для катушкових висівних апаратів сівалки СН-16П (табл. 4.1).

Для проведення дослідів з ВВА встановлювались три з'ємні катушки, кожна з яких поміщалась у бункер для завантаження стенда.

Розвантаження насіння проводилось у лійки, з'єднані з насіннепроводами. Нижні кінці насіннепроводів поміщались у таровані ємності для прийому насіння, встановлені на площадці лабораторних ваг.

Таблиця 4.1

Результати досліджень нерівномірності і нестійкості висіву насіння
катушковими висівними апаратами

Кількість обертів ВВА, хв- 1	Номера катушок	Кількість насіння, що подається за час дослідів, г						Результати математичної обробки експериментальних даних
		Повторення						
		1	2	3	4	5	середнє	
10	1	60	60	62	60	61	60,6	$\delta_1=\pm 0,894$ г, $\nu_1=1,476\%$
	2	58	60	62	61	59	60,0	$\delta_2=\pm 1,581$ г, $\nu_2=2,635\%$
	3	62	62	61	60	60	61,0	$\delta_3=\pm 1,000$ г, $\nu_3=1,639\%$
	Середнє	60,0	60,7	61,7	60,3	60,0	60,5	$\delta=\pm 0,691$ г, $\nu=1,142\%$
30	1	72	72	71	72	73	72,0	$\delta_1=\pm 0,707$ г, $\nu_1=0,982\%$
	2	72	74	74	72	74	73,2	$\delta_2=\pm 1,095$ г, $\nu_2=1,497\%$
	3	74	74	74	73	70	73,0	$\delta_3=\pm 1,732$ г, $\nu_3=2,373\%$
	Середнє	72,7	73,3	73,0	72,3	73,0	72,7	$\delta=\pm 0,435$ г, $\nu=0,598\%$
60	1	150	150	152	153	152	151,4	$\delta_1=\pm 1,342$ г, $\nu_1=0,886\%$
	2	152	152	150	152	152	151,6	$\delta_2=\pm 0,894$ г, $\nu_2=0,590\%$
	3	152	154	154	156	154	154,0	$\delta_3=\pm 1,414$ г, $\nu_3=0,918\%$
	Середнє	151,3	152	152	153,7	152,7	152,3	$\delta=\pm 0,882$ г, $\nu=0,579\%$
80	1	84	83	82	88	85	84,4	$\delta_1=\pm 2,302$ г, $\nu_1=2,728\%$
	2	88	88	84	88	90	87,6	$\delta_2=\pm 2,191$ г, $\nu_2=2,501\%$
	3	85	88	88	87	85	86,6	$\delta_3=\pm 1,517$ г, $\nu_3=1,751\%$
	Середнє	85,7	85,3	84,7	87,7	86,7	86,2	$\delta=\pm 1,121$ г, $\nu=1,300\%$

Примітка: δ_1 і δ_2 - середньоквадратичне відхилення нерівномірності і нестійкості висіву насіння; ν_1 і ν_2 - коефіцієнти варіації нерівномірності і нестійкості висіву насіння.

Кількість обертів ВВА визначались за показниками мілівольметра і підраховувались за отриманими графоаналітичним способом виразом:

$$n=1,149 U_k, \text{ хв}^{-1}, \quad (4.10)$$

де n – кількість обертів ВВА, хв^{-1} ; U_k - ЕДС котушки, мВ.

Результати наведено у табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Результати визначення маси насіння, що подаються котушкою сошника за один оберт (культура – пшениця)

Число обертів ВВА, хв^{-1}	Номера котушок	Маса насіння, що висівається за один оберт котушки, г					Результати математичної обробки експериментальних даних
		Повторення					
		1	2	3	4	середнє	
20	1	20,7	20,5	20,5	20,5	20,5	$\delta_1=\pm 0,100$ г, $\nu_1=0,487\%$
	2	19,8	20,4	20,7	20,3	20,3	$\delta_2=\pm 0,374$ г, $\nu_2=1,843\%$
	Середнє	20,2	20,4	20,6	20,4	20,4	$\delta=\pm 0,144$ г, $\nu=0,707\%$
35	1	20,7	20,5	21,0	19,7	20,5	$\delta_1=\pm 0,556$ г, $\nu_1=2,716\%$
	2	20,2	21,0	20,5	19,7	20,3	$\delta_2=\pm 0,545$ г, $\nu_2=2,677\%$
	Середнє	20,4	20,7	20,7	19,7	20,4	$\delta=\pm 0,496$ г, $\nu=2,428\%$
50	1	20,2	20,7	20,2	20,7	20,4	$\delta_1=\pm 0,289$ г, $\nu_1=1,412\%$
	2	19,7	19,7	19,7	20,2	19,8	$\delta_2=\pm 0,250$ г, $\nu_2=1,261\%$
	Середнє	19,9	20,2	19,9	20,4	20,1	$\delta=\pm 0,239$ г, $\nu=1,189\%$
60	1	20,7	20,2	20,2	20,2	20,4	$\delta_1=\pm 0,250$ г, $\nu_1=1,230\%$
	2	20,5	19,5	20,2	19,7	20,0	$\delta_2=\pm 0,457$ г, $\nu_2=2,290\%$
	Середнє	20,6	19,8	20,2	19,9	20,2	$\delta=\pm 0,334$ г, $\nu=1,658\%$
85	1	19,7	20,2	19,7	20,2	19,9	$\delta_1=\pm 0,289$ г, $\nu_1=1,447\%$
	2	19,5	19,5	19,6	19,8	19,6	$\delta_2=\pm 0,141$ г, $\nu_2=0,722\%$
	Середнє	19,6	19,8	19,7	20,0	19,7	$\delta=\pm 0,185$ г, $\nu=0,935\%$
90	1	20,2	20,2	20,5	20,2	20,3	$\delta_1=\pm 0,150$ г, $\nu_1=0,740\%$
	2	19,5	19,5	19,4	19,6	19,5	$\delta_2=\pm 0,082$ г, $\nu_2=0,419\%$
	Середнє	19,8	19,8	19,9	19,9	19,9	$\delta=\pm 0,048$ г, $\nu=0,241\%$
	Середнє	20,2	20,1	20,1	20,0	20,1	$\delta=\pm 0,051$ г, $\nu=0,254\%$

Термін обертання ВВА приймався однаковим для всіх повторень і фіксувався за допомогою секундоміра. Показники дослідів оброблялись за формулами:

$$Q_1 = \frac{60P_n}{t_{оп}}, \quad (4.11)$$

$$Q_2 = \frac{Q_1}{n}, \quad (4.12)$$

де Q_1 – маса насіння, що викидає котушка за 1 хвилину, г; Q_2 – маса насіння, що викидає котушка за 1 оберт, г; P_n – маса насіння, що викидається котушкою за час дослідів, г; $t_{оп}$ – тривалість дослідів, с; n – число обертів ВВА за час дослідів.

Результати наведено у табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Розрахункові показники залежності кількості обертів ВВА від швидкості руху сівалки при заданій нормі висіву насіння

Показники	Значення показників				
Норма висіву насіння : млн шт./га	2,35	5,0	5,5	6,0	9,43
кг/га	100,0	212,0	234,0	255,3	401,3
шт. 1 пм	35,25	75,0	82,5	90,0	141,45
г 1 пм	1,5	3,19	3,51	3,83	6,02
Передаточне число η	8,92	4,19	3,81	3,49	2,22

Отримані відхилення показників від середнього значення для котушкових висівних апаратів з електроприводом не перевищують агротехнічних вимог до висівних апаратів селекційних сівалок.

Експериментальними дослідженнями визначена потужність, що споживається електродвигуном приводу котушкових висівних апаратів при їх повному завантаженні. Встановлена залежність потужності, що споживається від кількості працюючих котушок, яка має вигляд:

$$N=2,5n+21, \quad (4.13)$$

де N - потужність, що споживається електродвигуном, Вт; n – кількість працюючих котушкових висівних апаратів, шт.

Для селекційної сівалки модельного ряду СН-16 при роботі 13 котушкових висівних апаратів потужність, що споживається двигуном становить з урахуванням запасу потужності ($K=1,2$), $N=64$ Вт, що забезпечує можливість для використання в якості джерела енергії при виконанні посівних робіт акумулятора трактора, з яким агрегується сівалка.

За результатами досліджень складена табл. 4.4, яка може бути використана для вибору режиму роботи електропривода для різних умов роботи сівалки.

У розрахунках прийняті наступні значення, що входять у формули (4.4), (4.5), (4.6), (4.9) величин:

$$q=42,4 \text{ г}; D=0,48 \text{ м}; m_2=20,1 \text{ г}; n= 0,15 \text{ м, культура–пшениця.}$$

Таблиця 4.4

Взаємозв'язок відношення швидкості сівалки, кількості обертів ВВА і колеса сівалки

Швидкість сівалки, км/год	N	Числа обертів ВВА і колеса сівалки, хв ⁻¹				
3,6	N_1	39,81	39,81	39,81	39,81	39,81
	N_2	4,46	9,50	10,45	11,46	17,93
5,0	N_1	55,29	55,29	55,29	55,29	55,29
	N_2	6,19	13,1	14,41	15,73	24,72
6,0	N_1	66,36	66,36	66,36	66,36	66,36
	N_2	7,43	15,83	17,42	19,02	29,89
8,0	N_1	88,46	88,46	88,46	88,46	88,46
	N_2	9,91	21,11	23,22	25,35	39,84
10,0	N_1	110,59	110,59	110,59	110,59	110,59
	N_2	12,39	26,39	29,03	31,70	49,81

Отримані показники роботи САУВН при навантаженні занесено у табл. 4.5.

Таблиця 4.5

Вплив режимних параметрів роботи САУВН на потужність, що споживається при роботі при навантаженні

Норма висіву насіння, кг/га	Показники індикаторів, с ⁻¹		U, В	I, А	N, Вт
	ЦІКС	ЦІВВА			
100	10	10	1,2	1,3	1,56
	28	30	2,2	1,3	2,86
160	10	20	1,95	1,5	2,92
	28	55	2,0	1,8	3,60
200	10	25	3,4	1,5	5,10
	28	74	6,0	1,8	10,80
260	10	30	3,6	1,5	5,40
	28	99	8,0	2,0	16,00
340	10	46	4,2	1,5	6,30
	28	129	8,3	2,4	19,92

Як видно із табл. 4.5, при роботі двигуна з трьома висівними апаратами, споживаюча потужність САУВН становить 19,9 Вт. Під навантаженням кількість обертів ВВА знижується порівняно з розрахунковим, що приводить до зміни норми висіву насіння при тій самій швидкості руху сівалки. Ця тенденція найбільш наглядна при нормах висіву від 100 до 200 кг/га. При більш високих нормах висіву зниження кількості обертів ВВА практично не відмічається.

Результати дослідів наведено в табл. 4.6 і 4.7.

Таблиця 4.6

Залежність кількості обертів ВВА від швидкості руху сівалки при нормі висіву насіння 100 кг/га на режимах 1 і 2

Швидкість сівалки, км/год.од	Показники індикаторів		Показники ЦВКА фактичні							
	ЦІКС	ЦВВА розрахунок	Режим 1				Режим 2			
			ЕДС керуючого сигналу, мВ							
			15	20	25	30	15	20	25	30
3,6	10	13	14	13	14	14	16	12	12	12
4,3	12	16	15	16	16	16	17	16	16	16
5,0	14	19	20	23	24	20	19	19	19	19
5,8	16	21	25	26	27	22	27	22	23	25
6,5	18	24	30	35	36	30	30	26	29	30
7,2	20	27	36	42	45	34	36	34	33	32
7,9	22	30	40	47	48	36	42	365	35	33
8,6	24	32	44	50	51	36	45	40	37	34
9,4	26	35	46	51	53	37	50	42	38	35
10,0	28	37	46	52	55	37	52	42	38	36

Таблиця 4.7

Залежність кількості обертів ВВА від швидкості руху сівалки при нормі висіву насіння 100 кг/га на режимах 3 і 4

Швидкість сівалки, км/год	Показники індикаторів		Показники ЦВКА фактичні							
	ЦІКС	ЦВВА розрахунок	Режим 3				Режим 4			
			ЕДС керуючого сигналу, мВ							
			15	20	25	30	15	20	25	30
3,6	10	13	14	14	11	12	13	11	10	12
4,3	12	16	15	16	15	15	15	14	14	16
5,0	14	19	17	17	16	16	17	17	17	18
5,8	16	21	21	22	21	22	22	21	22	22
6,5	18	24	24	27	26	26	24	24	24	24
7,2	20	27	32	35	32	28	30	32	25	28
7,9	22	30	40	37	33	30	34	35	30	30
8,6	24	32	46	39	35	31	42	36	32	32
9,4	26	35	50	42	37	32	45	37	32	33
10,0	28	37	51	43	37	32	47	39	33	34

Як видно з табл. 4.6 і 4.7 найближчими до розрахункових є показники обертів ВВА, одержані при управляючому сигналі 30 мВ у режимі 4, який рекомендується для використання. У цьому випадку розбіжності з розрахунковими даними є мінімальними для всього діапазона швидкостей руху сівалки від 3,6 до 9,4 км/год і становлять від 3,5 до 5,7%.

Проведено перевірку режиму, що рекомендується для різних норм і швидкостей висіву насіння. Постійними приймалися такі значення: початковий відлік налагодження САУВН відповідно числу «18» на табло ЦІКС і рівень керуючого сигналу рівний 30 мВ. Результати перевірок представлено у табл. 4.8, з якої слідує, що при роботі САУВН в указаному режимі отримано сталу, близьку до розрахункових показників, кількість обертів ВВА для швидкостей руху сівалки в діапазоні від 3,6 до 7,9 км/год, що відповідає показникам ЦІКС від «10» до «22».

Таблиця 4.8

Залежність кількості обертів ВВА і кількості обертів колеса сівалки при різних нормах висіву насіння

Кількість обертів колеса сівалки, хв ⁻¹	Норма висіву насіння, кг/га											
	160				200				260			
	Кількість обертів ВВА,	Повторності			Кількість обертів ВВА, хв ⁻¹	Повторності			Кількість обертів ВВА, хв ⁻¹	Повторності		
		1	2	3		1	2	3		1	2	3
10	22	21	22	21	27	26	27	27	35	35	36	36
12	26	26	27	26	32	32	33	31	42	42	42	41
14	31	31	31	31	38	38	37	37	49	49	48	49
16	37	36	36	36	43	43	43	43	56	56	56	56
18	40	41	40	40	49	49	50	49	63	63	63	63
20	44	45	46	44	54	54	55	53	70	70	72	70
22	48	47	49	48	59	58	57	58	77	77	77	72
24	53	52	51	53	65	59	60	59	84	79	78	74
26	57	53	52	54	70	60	61	60	91	80	79	76
28	62	55	53	54	76	61	61	61	98	81	80	80

Продовження таблиці 4.8

Кількість обертів колеса сівалки, хв ¹	Норма висіву насіння, кг/га							
	300				360			
	Кількість обертів ВВА, хв ⁻¹	Повторності			Кількість обертів ВВА, хв ⁻¹	Повторності		
		1	2	3		1	2	3
10	41	41	40	41	50	49	50	49
12	49	49	48	49	60	58	59	59
14	57	57	58	58	70	70	69	71
16	66	65	65	66	80	79	80	81
18	74	74	74	74	90	90	91	91
20	82	82	80	81	100	99	101	100
22	90	85	85	83	108	103	103	103
24	98	86	85	87	120	106	105	106
26	107	89	86	88	130	107	106	107
28	115	90	86	89	137	108	109	109

Дослідженнями було встановлено, що показники кількості обертів на табло ЦІВВА при переході від робочого режиму в холостий змінюється. Проведена дослідна перевірка встановленого факту, для цього початкова точка налагодження на режим за показниками на табло ЦІВВА фіксувалась при роботі САУВН у режимі «Завантаження» і в режимі «Холостий хід».

У табл. 4.9 приведено значення початкової точки настройки САУВН на режим сівби.

Таблиця 4.9

Значення початкової точки настройки САУВН на режим сівби

Показники ЦІКС	Показники ЦІВВА				
	Норма висіву, кг/га				
	160	200	260	300	360
18	Під навантаженням				
	40	49	63	74	90
18	Холостий хід				
	42	52	67	76	94

Одержані дані можна використовувати при настройці сівалки на режим роботи. За необхідності роботи сівалки у межах нелінійної залежності, а до неї відноситься робота сівалки на швидкостях її руху від 8,6 до 12 км/год., до норм висіву від 300 до 360 кг/га, настройка її на робочий режим проводиться для кожного випадку окремо, оскільки в цьому діапазоні навантажень САУВН переходить в зону нелінійної характеристики підсилювача потужності. По цій самій методиці встановлюється управляючий сигнал 30 мв, потім налагоджується ЦКС на задану швидкість і виставляється по ЦВВА кількість обертів ВВА, відповідаючи цій швидкості сівалки ± 1 км/год при цьому значно не впливаючи на зміну норми висіву насіння.

Результати розрахункових і фактичних показників індикаторів ЦКС і ЦВВА приведені у табл. 4.10.

Таблиця 4.10

Розрахункові і фактичні показники індикаторів ЦКС і ЦВВА, одержані при дослідній перевірці

Швидкість сівалки, км/год	Показники ЦКС, с ⁻¹	Показники ЦВВА, с ⁻¹			
		Розрахункові	Фактичні повторення		
			1	2	3
3,6	10	30	29	29	30
4,3	12	35	36	36	35
5,0	14	42	42	42	41
5,8	16	47	47	47	46
6,5	18	54	54	53	54

Експериментальна перевірка розроблених режимів на лабораторному стенді показала хорошу кореляцію розрахункових і фактичних показників індикаторів, що дозволяє прийняти до практичного використання методик розрахунку режиму роботи САУВН.

Таблиця 4.9 може бути використана для налагодження на режим системи автоматичного управління висівом насіння (САУВН). У цьому випадку за заданою нормою висіву і заданою швидкістю сівалки по таблиці визначається і потім встановлюється за допомогою САУВН необхідна

кількість обертів ВВА і передаточне число η , які підтримуються САУВН у процесі роботи і забезпечують постійну норму висіву насіння при будь-якій зміні швидкості руху сівалки.

Таким чином, у результаті стендових досліджень встановлено основні математичні залежності між технологічними і режимними показниками роботи сівалки СН-16П, досліджено якісно-кількісні показники роботи катушкових висівних апаратів, що приводяться в рух електроприводом, і розроблено рекомендації з практичного використання отриманих залежностей для системи автоматичного управління висівом насіння на базі діючих сівалок модельного ряду СН-16П (додаток А).

Залежність (норми висіву) швидкості обертання вала з висівними апаратами від швидкості руху сівалки визначалась при заданому значенні коефіцієнту передачі.

На макеті за допомогою спеціально розроблених мікропроцесорних частотомірів швидкості обертання здійснюється вимірювання частот обертання валів імітатора колеса сівалки і ВВА при різному встановленому коефіцієнті передачі на МБУ.

Наприклад, встановлюються коефіцієнтні передачі за допомогою регулятора напруги виходу блоку живлення двигуна імітатора колеса і проводиться вимірювання швидкості від 2,5 до 12 км/год. Враховуючи, що довжина окружності колеса сівалки 3,67 м, швидкість обертання імітатору колеса становить від 11,3 до 54 об./хв (можливості імітатора колеса встановленого на макеті). Відповідно до цих швидкостей фіксується значення швидкості обертання ВВА без навантаження і під навантаженням, тобто з насінням.

За отриманими результатами для кожного передаточного числа тбудується графічна залежність швидкості обертання ВВА від швидкості сівалки.

Показники знімаються для комплектів шестерень 136/29 і 136/41 (136 зубців має шестерня, встановлена на ВВА і 29 чи 41 шестерня, встановлена на валу крокового двигуна).

За експериментальними даними робляться висновки про діапазон прямолінійної залежності швидкості руху сівалки і швидкості обертання ВВА, тобто визначається діапазон в якому можна застосувати кроковий двигун з драйвером, що досліджуються, для кожного комплекту шестерень передачі обертання від крокового двигуна до ВВА.

В отриманих діапазонах задовільного застосування досліджується норма висіву насіння з одного висівного апарата, яка перераховується в розмірність насінин на гектар.

Для визначення лінійності залежності швидкості обертання ВВА від швидкості руху сівалки при заданому передаточному числі досліджували спочатку на комплекті шестерень для зчеплення крокового двигуна з ВВА 136/29 при заданій максимальній швидкості сівалки 12 км/год. Швидкість сівалки для даного співвідношення передачі обертів була взята максимальною, з урахуванням можливостей стандартного драйвера. Залежність частоти обертання ВВА від величини передаточного числа, заданого на МПУ, приведена у графічному вигляді на рис. 4.1.

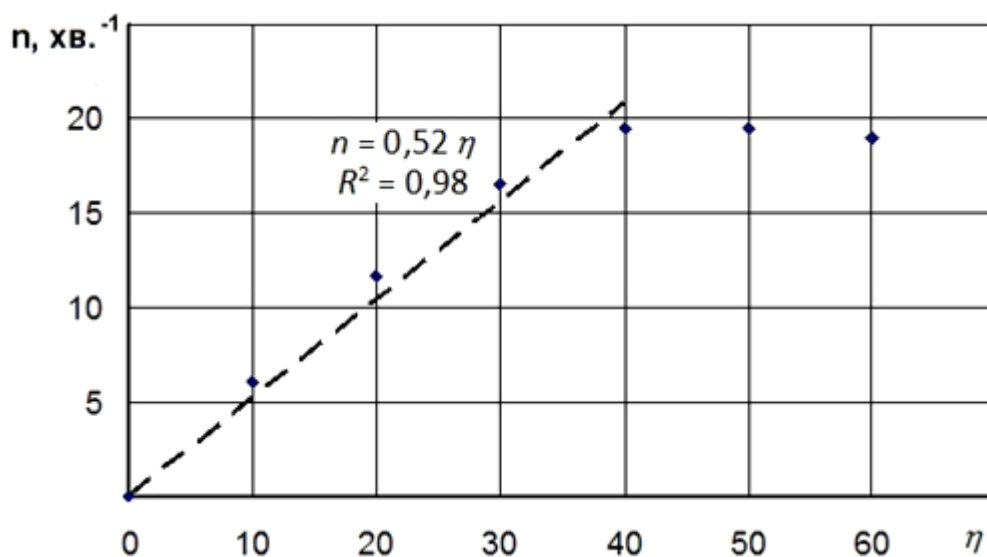


Рис. 4.1. Залежність частоти обертання ВВА від величини передаточного числа, заданого на МПУ

Як бачимо із графіка рис. 4.1, лінійна залежність швидкості обертання вала з котушковими висівними апаратами від передаточного числа, встановленого на мікропроцесорному пульті управління, спостерігається до значення останнього, рівного 40. При значеннях коефіцієнта, заданого на МПУ від 40 до 60, відбувається порушення лінійності через швидкісні обмеження і в подальшому нарощування частоти обертання ВВА не відбувається. В результаті проведених досліджень було зроблено висновок про необхідність заміни драйверу. Основною причиною обмеження швидкісних можливостей електронної системи забезпечити встановлену норму висіву на швидкостях сівалки понад 10 км на годину було застосування в дослідженнях уніполярного драйверу, хоча кроковий двигун біполярний. Застосований він був у зв'язку з тим, що в результаті проведеного пошуку перед даним етапом досліджень не було знайдено біполярний драйвер для технічних характеристик крокового двигуна, який працював би при напрузі базової електросистеми трактора для агрегатування сівалки.

Результати одержаних фактичних передач «колесо – ВВА» при низьких і високих швидкостях сівалки для комплектів шестерень 136/29 приведені у табл. 4.11.

Для заданого на МПУ коефіцієнта 40 отримана норма висіву 150 кг/га при швидкості сівалки 12,29 км/год, 168 кг/га – при швидкості 10,1 км/год і 209 кг/га – при швидкості 7,99 км/год. Враховуючи малі норми висіву, перейшли на дослідження іншого комплексу шестерень.

Більш детально (в лабораторних умовах) вивчалась можливість застосування електронної системи приводу ВВА з шестернею 41 зубців, установленною на валу крокового двигуна.

Таблиця 4.11

Показники передачі «колесо–ВВА» для комплектів шестерень 136/29

Швидкість сівалки, км/год	Коефіцієнт передачі на МПУ	Фактична передача
2,56	20	0,1957
2,67	40	0,4617
2,66	60	0,6823
12,29	10	0,1042
12,29	20	0,2100
12,29	30	0,3006
12,29	40	0,3503
4,15	10	0,1641
3,72	20	0,3096
3,62	30	0,4453
3,46	40	0,6439
3,50	50	0,7551
6,60	10	0,1534
6,72	20	0,3003
6,62	30	0,4561
6,46	40	0,6278
6,50	50	0,7287
6,95	60	0,8033

Отримані для пари шестерень 136/41 фактичні передачі «колесо – ВВА» при різних швидкостях і передаточних числах, заданих на МПУ, приведені у табл. 4.12.

Таблиця 4.12

Показники передачі «колесо – ВВА» для комплектів шестерень 136/41

Швидкість сівалки, км/год	Коефіцієнт передачі на МПУ	Фактична передача
4,15	10	0,1641
3,72	20	0,3096
3,62	30	0,4453
3,46	40	0,6439
3,50	50	0,7551
6,60	10	0,1534
6,72	20	0,3003
6,62	30	0,4561
6,46	40	0,6278
6,50	50	0,7287
6,95	60	0,8033

При цьому отриманні слідуючі норми висіву для швидкості : 6,6 км/год. – 10-78 кг/га, 20 – 146,9 кг/га, 30 – 227,5 кг/га, 40 – 312 кг/га, 50 – 371 кг/га. Комплект шестерень краще відповідає сівалці з механічною коробкою передач.

Результати досліджень частоти обертання ВВА від швидкості руху сівалки, при заданих на МПУ значеннях передаточного числа, приведені у табл. 4.13.

Таблиця 4.13

Показники роботи системи електронного управління

η^1	а – швидкість сівалки км/год											σ^2		
	б – швидкість ВВА об./хв (частота обертання)													
05	А	2,50	4,51	5,44	6,46	6,75	8,15	8,26	8,37	9,91	10,02	±2,39		
	Б	0,80	1,48	1,72	2,15	2,27	2,75	2,80	2,78	3,40	3,40	±0,84		
10	А	2,60	3,96	4,30	4,40	6,17	6,72	6,75	8,15	8,26	10,24	±2,35		
	Б	1,40	2,75	2,90	2,95	4,17	4,50	4,57	5,50	5,70	6,90	±1,65		
15	А	2,50	3,52	4,84	5,07	6,83	7,05	8,15	8,81	10,13	11,7	±2,93		
	Б	2,35	3,20	4,64	5,25	6,97	7,13	8,50	8,70	10,30	11,9	±3,07		
20	А	2,55	3,52	3,74	5,40	5,51	6,83	7,05	8,27	9,03	10,57	10,79	11,50	±3,02
	Б	3,40	4,90	5,00	7,10	7,37	8,90	9,37	11,00	11,50	14,10	14,20	15,13	±3,93
30	А	2,52	3,52	3,74	5,27	5,50	8,37	8,59	10,13	10,80	11,56	±3,29		
	Б	4,90	7,00	7,50	10,10	10,80	16,80	17,20	20,20	20,90	22,58	±6,47		
40	А	2,58	3,30	3,96	5,07	5,51	5,73	7,93	8,15	9,91	10,13	10,60	11,65	±3,09
	Б	7,00	9,80	10,30	13,60	14,80	15,10	21,20	21,50	24,80	25,20	25,80	26,43	±6,99
50	А	2,53	3,30	3,52	4,90	5,27	5,85	7,93	8,37	9,47	9,90	9,99	10,55	±2,90
	Б	8,50	10,50	11,20	15,30	16,40	18,00	23,90	24,90	27,20	27,00	27,00	26,80	±7,21
60	А	2,60	3,40	5,29	5,95	8,15	9,47	9,69	9,91	10,00	±2,92			
	Б	10,00	13,00	19,90	21,90	26,70	27,00	27,00	26,90	26,60	±6,58			
65	А			5,00	5,90	7,49	7,93	8,15	9,00	±1,50				
	Б			21,50	23,90	26,70	26,50	26,70	26,00	±2,11				

¹ – передаточне число; ² – середньоквадратичне відхилення.

Для інтерпретації табличних результатів і побудови графічних залежностей обчислювали коефіцієнт регресії через масив отриманих точок. Обрахунок проводився математичним апаратом програми MS Excel, яка дає квадрат регресії. Залежність (тип крива чи пряма) підбиралась за максимальним значенням коефіцієнта регресії і фактичному розташуванню експериментальних точок. Отримана залежність приймалась як теоретична. Різниця між експериментальними точками і теоретичною залежністю була прийнята як відхилення експеримента по кожній точці. Згідно із [76] знаходили середньоквадратичне відхилення.

У вигляді графіків побудовані залежності частоти обертання ВВА від швидкості руху сівалки при коефіцієнтах передач, заданих на МПУ, від 5 до 60 (рис. 4.2).

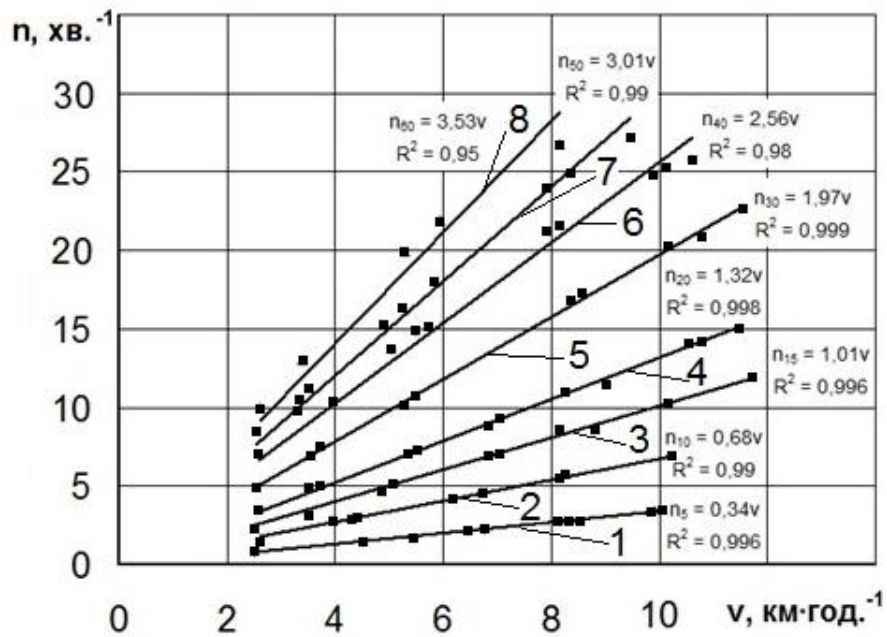


Рис. 4.2. Залежність частоти обертання ВВА від швидкості сівалки при заданих значеннях на МПУ: 1–5; 2–10; 3–15; 4–20; 5–30; 6–40; 7–60; 8–60

Коефіцієнти лінійної регресії a , b , середньоквадратичні відхилення S і коефіцієнти детермінації R^2 залежності частоти обертання ВВА від швидкості руху сівалки при випробуванні системи електронного управління для коефіцієнтів передач η , заданих на МПУ, від 5 до 60, приведені в табл. 4.14.

Таблиця 4.14

Показники роботи САУВН

η	a	b	S	R^2
5	0,350	-0,112	0,03	0,998
10	0,701	-0,185	0,10	0,995
15	1,046	-0,284	0,17	0,997
20	1,300	0,142	0,16	0,998
30	1,964	0,044	0,23	0,998
40	2,361	1,547	0,38	0,993
50	2,764	1,611	0,41	0,998
60	3,059	2,762	0,30	0,981

Згідно з отриманими залежностями лінійна зміна швидкості обертання ВВА від зміни швидкості сівалки від 2 до 10 км/год перебуває в діапазоні заданих коефіцієнтів передач від 0 до 40 (довжина окружності приводного колеса сівалки взята 3,67 м). При встановленому коефіцієнті передачі 50 діапазон лінійної залежності швидкості ВВА зберігається при швидкості сівалки від 2 до 8 км/год.

Проведений висів насіння пшениці при швидкостях сівалки 3,6, 6,6 і 9,6 км/год при нормах висіву 72, 132, 193 і 227 кг/га. За проведеними експериментами середній висів пшениці за один оберт становить 25,36 г, точність досліду – 2,91% згідно з [76]. Результати досліджень представлені у табл. 4.15.

Таблиця 4.15

Висів насіння залежно від швидкості сівалки

Швидкість сівалки V , км/год	№ досліду	Висів насіння m_2 , г/об.	Відносна похибка вибіркової середньої P ,%
3,6	1	26,0	2,91
	2	25,0	
	3	25,5	
	4	25,5	
6,6	1	26,0	
	2	26,0	
	3	25,0	
	4	26,0	
9,6	1	24,0	
	2	24,0	
	3	24,5	
	4	25,5	

Норма висіву, як видно із табл. 4.15, практично не залежить від швидкості сівби в діапазоні швидкостей сівалки, що досліджувався.

4.2 Визначення ампліудно-частотних та тягових характеристик сошникового вузла з зубчастим ножом-диском на двопружинній підвісці

У результаті проведення трифакторного експерименту отримане рівняння регресії (4.14) залежності тягового опору універсального сошникового вузла від глибини висіву насіння X_1 , швидкості руху X_2 і висоти зубців дискового ножа X_3 :

$$y = 189,070 + 75,572 \cdot x_1 + 20,954 \cdot x_2 - 58,205 \cdot x_3 - 38,100 \cdot x_1^2 - 38,593 \cdot x_2^2 - 15,573 \cdot x_3^2 + 10,123 \cdot x_1 \cdot x_2 - 55,661 \cdot x_1 \cdot x_3 + 7,484 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (4.14)$$

В даний час є методи обробки і проведення аналізу результатів багатofакторного експеримента. Однак побачити одночасно вплив поєднання всіх незалежних змінних факторів на параметр оптимізації, коли він знаходиться у заданих межах значень, неможливо. Тому для аналізу результатів багатofакторного експеримента, представленого у вигляді рівняння регресії, що адекватно описує функцію відгуку, застосовано номограмний метод [74]. За допомогою номограм визначаються допустимі межі коливань усіх незалежних змінних факторів, що досліджуються в експерименті, забезпечують знаходження параметра оптимізації не лише в екстремальній точці, але і в межах заданих значень.

Графічний метод аналізу рівняння регресії - універсальний, до того ж для нього розроблені спеціальні комп'ютерні програми. Програма MathCAD дає змогу візуалізувати рівняння регресії, в якому змінними залишаються тільки два з усіх факторів та їх сполучень, інші фактори рівняння фіксуються на нульовому, кодованому рівні. Очевидно, що при цьому методі досліджень члени рівняння регресії з трьома і більше сполученнями факторів прирівнюються до нуля. Тому, орієнтуючись на графічний метод аналізу рівняння регресії, можна заздалегідь складати рівняння без членів рівняння із сполученнями факторів більшими двох.

Номограмний метод аналізу рівняння регресії враховує результати парних взаємодій факторів на допустимі межі коливань цих чинників, при яких параметр оптимізації не виходить за межі заданих значень. Цей метод аналізу дає можливість одночасно побачити вплив на параметр оптимізації всіх незалежних змінних факторів – X_1 , X_2 , X_3 , тобто, як вони діють на реальний технологічний процес. Стає можливим визначення впливу зміни межі коливання кожного із змінних факторів на величину параметра оптимізації. Використання номограмного методу аналізу дає можливість свідомо змінювати межі відхилення кожного з досліджуваних факторів у багатофакторному експерименті з урахуванням можливостей досліджуваної системи для отримання заданої межі значень параметра оптимізації.

Графічна інтерпретація рівняння регресії (4.14) у вигляді номограми, побудованої з двовимірних перетинів поверхні відгуку, представлена на рис. 4.3.

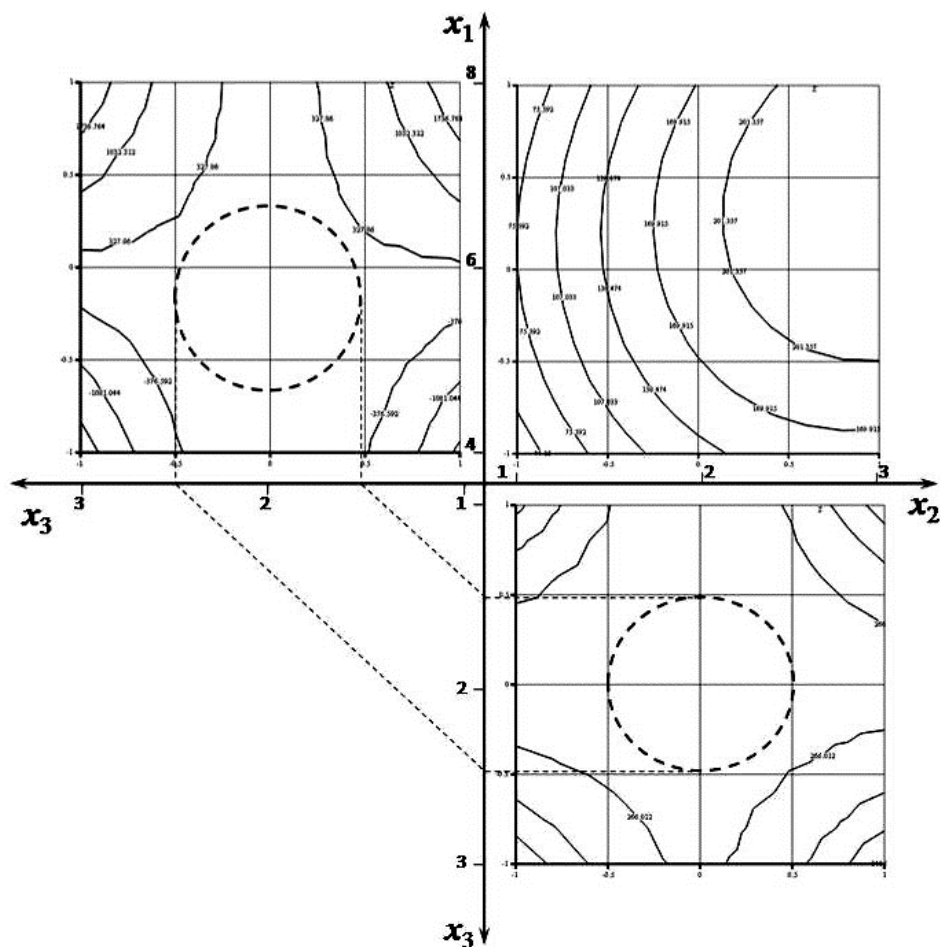


Рис. 4.3. Графічна інтерпретація рівняння регресії у вигляді номограми

На рис. 4.3 головні ординати і абсциси виділені жирними лініями і на них відкладені розкодовані значення змінних факторів у натуральних одиницях вимірювань. Квадратами в цих координатах позначені графічні зображення рішень рівняння регресії, які є проєкціями контурних ліній поверхні відгуку на горизонтальну площину і залежно від поєднання двох змінних факторів, що діють у багатofакторному експерименті, вони відкладені на своїх координатних осях у кодованому масштабі. Тонкими пунктирними лініями позначені напрямки проєкції на координатні осі межі заданого значення параметра оптимізації, зображених на приватних візуалізованих рівняннях регресії.

Для побудови номограми візуалізація приватних рівнянь регресії програмою MathCAD виконувалася в одному масштабі. Монтаж номограми проведено з дотриманням кодових напрямків (+) та (-), а також сполученням кодованих факторних осей по вертикалі і горизонталі.

За допустиму межу коливань будь-якого з досліджуваних факторів прийнято мінімальну проєкцію з усіх проєкцій заданої межі значень параметра оптимізації на вісь цього самого фактора.

З рис. 4.3 вибираємо область значень параметра оптимізації, обмежену контурною лінією, що має найменшу довжину проєкції на координатні осі. Найменшими проєкціями на координатні осі виявилися проєкції контурної лінії в квадранті X_2X_3 (правий нижній квадрант). Приймаємо цей квадрант за початок відліку і проєктуємо контури зони оптимуму (відповідні контурні лінії) на вісь X_3 . Проєкції ліній відсікають на координатній осі X_3 відрізки, що відповідають межі коливань факторів, при яких функція відгуку знаходиться у заданій площині.

Графіки залежності тягового опору комбінованого сошникового вузла від висоти зубців диска за різних швидкостей руху і від швидкості руху за різної висоти зубців приведені відповідно на рис. 4.4 та 4.5.

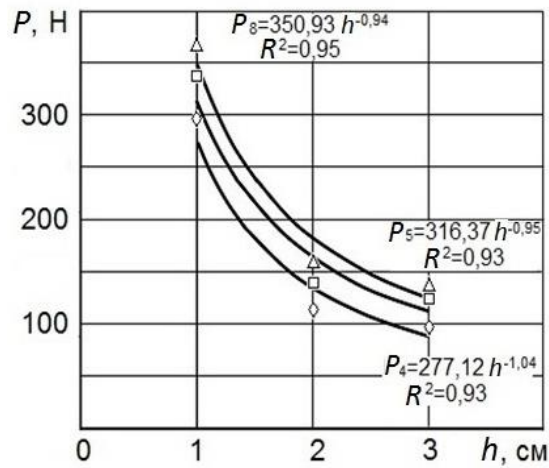


Рис. 4.4. Графіки залежності тягового опору комбінованого сошникового вузла від висоти зубців диска при швидкостях руху:

—◇— 4 км·год⁻¹; —□— 5 км·год⁻¹; : —△— 8 км·год⁻¹

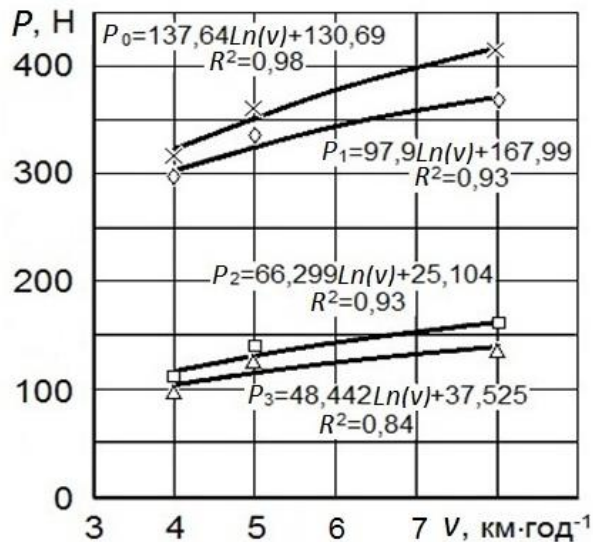


Рис. 4.5. Графіки залежності тягового опору комбінованого сошникового вузла від швидкості руху при висоті зубців дискового ножа:

—×— 0 см; —◇— 1 см; —□— 2 см; —△— 3 см

Як видно з рис. 4.4, із збільшенням висоти зубців диска тяговий опір комбінованого сошникового вузла зменшується за оберненою залежністю.

З рис. 4.5 видно, що із збільшенням висоти зубців диска темп зростання тягового опору комбінованого сошникового вузла залежно від швидкості руху зменшується. Особливо це видно порівняно із диском без зубців.

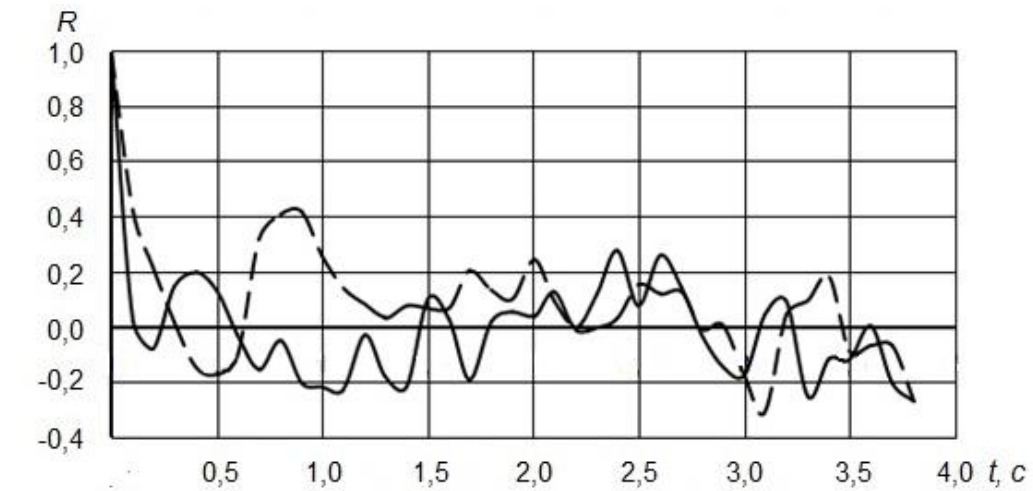
Комплексний аналіз графічних зображень на рис. 4.3–4.4 дозволив визначити, що оптимальної висотою зубців диску, що розрізає, є $h=2$ см. Отриманий експериментальним шляхом результат підтверджує правильність теоретичного обґрунтування, проведеного в другому розділі. За результатами досліджень було запропоновано додаткове технічне рішення, яке захищено патентом України, згідно якому сошниковий вузол доповнюється паралелограмною підвіскою і забезпечується задоволення агротехнологічних вимог по глибині висіву насіння при зміні амплітудно частотних характеристик робочого органу [256].

На рис. 4.6 показані графіки автокореляційних функцій тягового опору R_p , та коливань R_a комбінованого сошникового вузла.

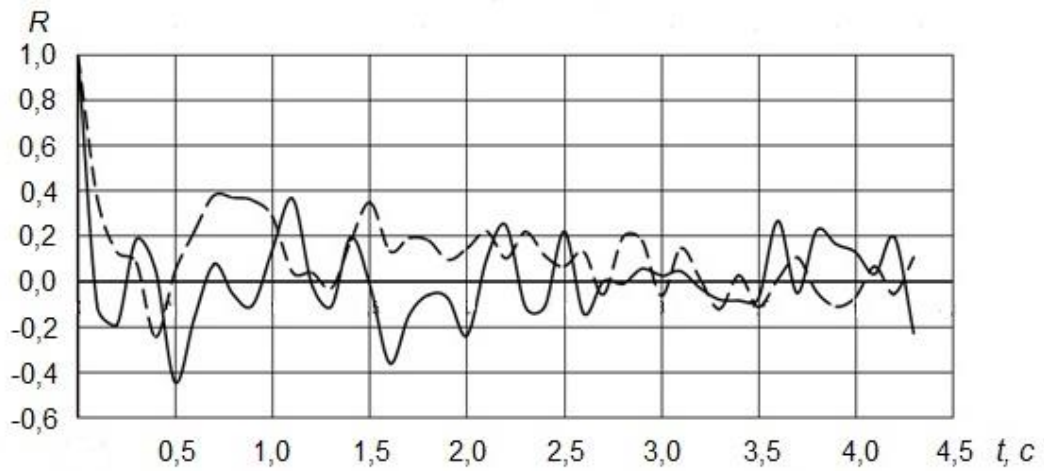
Розгляд представлених функцій вказує на те, що в процесі коливальної взаємодії сошникового вузла із ґрунтом наявні періодична та випадкова складові. Перша складова зумовлена періодичним врізанням у ґрунт зубців диску, що розрізає, а друга – нерівномірним розподілом властивостей ґрунту, який викликає випадкові коливальні зміни тягового опору сошникового вузла.

З аналізу автокореляційних функцій тягового опору R_p та коливань R_a комбінованого сошникового вузла випливає, що із збільшенням висоти зубців диску, що розрізає, зростає вплив періодизованої складової коливань. Цим пояснюється зменшення тягового опору (див. рис. 4.3 та 4.4) комбінованого сошникового вузла при збільшенні висоти зубців диска, що розрізає.

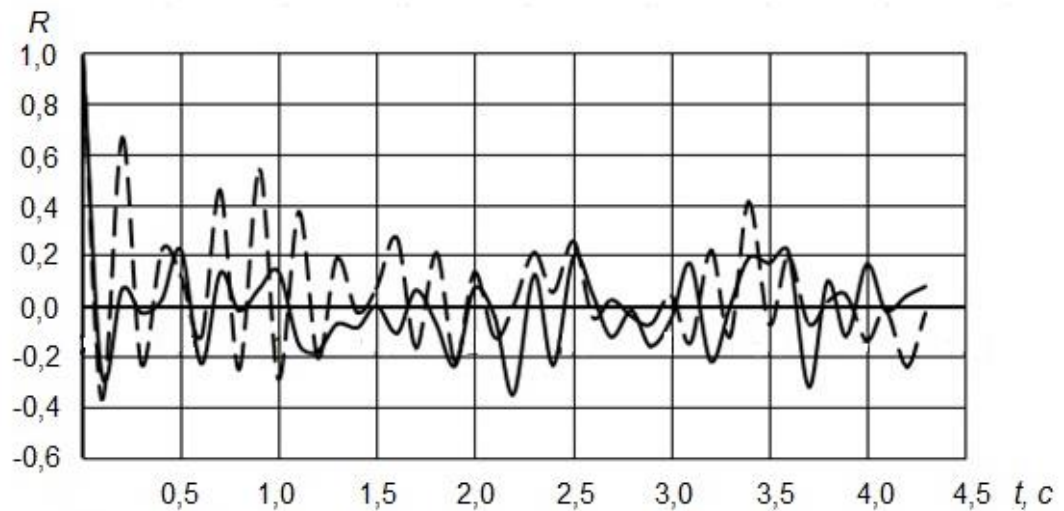
Алгоритм швидкого перетворення Фур'є, використаний у дослідженнях, дає можливість оцінювати спектральні щільності коливальних процесів, застосувавши фінітне перетворення безпосередньо до реалізації процесу у часовому вимірі. При такому підході на практиці операція знаходження математичного очікування виконується шляхом оцінювання спектральних величин для кожного набору реалізацій, а потім отримані результати усереднюються [12].



a



б



в

Рис. 4.6. Графіки автокореляційних функцій тягового опору R_p та коливань R_a комбінованого сошникового вузла:

a – висота зубців 1 см; *б* – висота зубців 2 см; *в* – висота зубців 3 см,
 --- R_p ; — R_a

На рис. 4.7 показані амплітудні спектральні діаграми (a – e) тягового опору (висота зубців a –1, b –2, e –3 см) і спектральна щільність коливань (z – e) комбінованого сошникового вузла (висота зубців z –1, d –2, e –3 см).

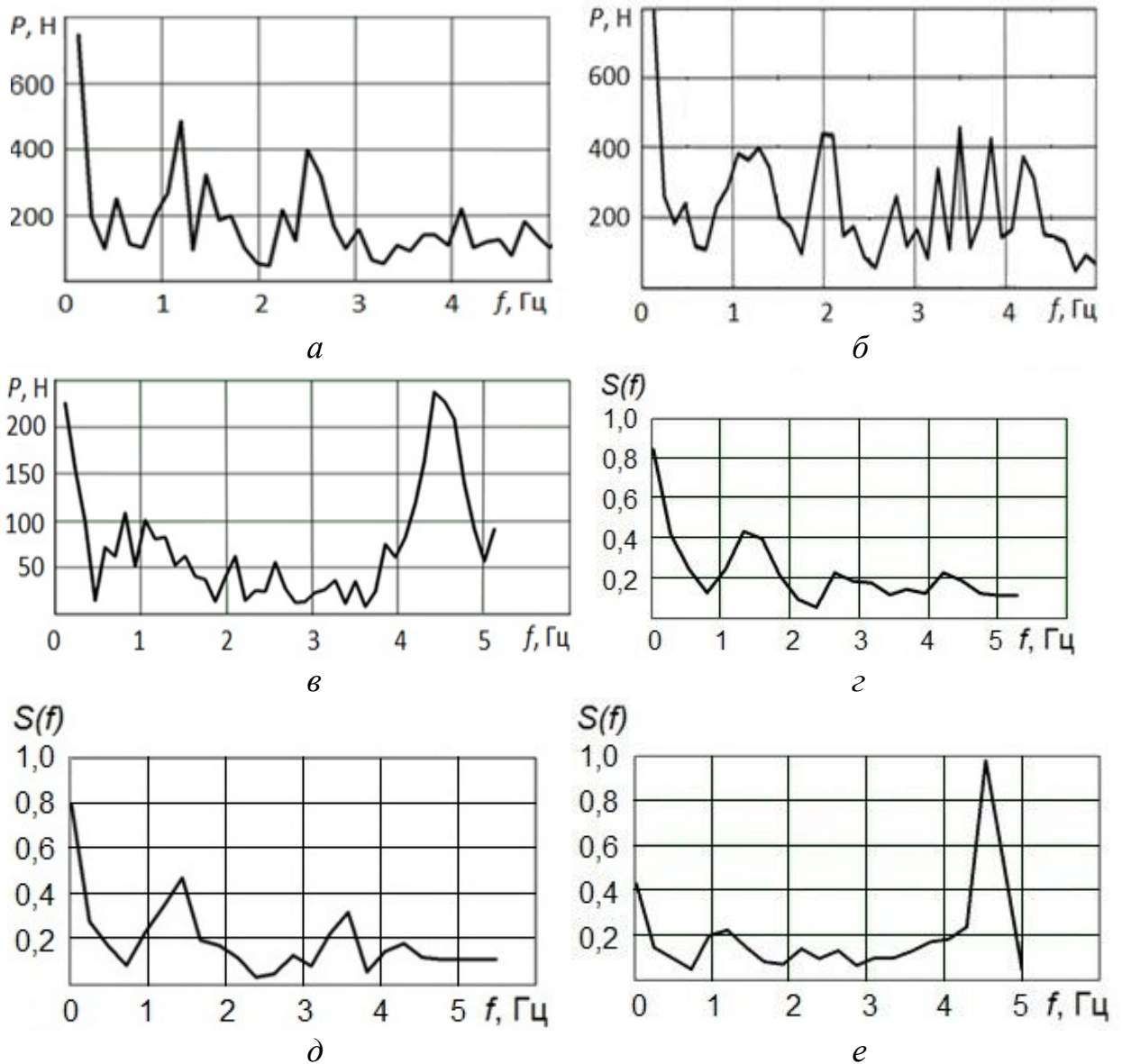


Рис. 4.7. Амплітудні спектральні діаграми тягового опору (a – $в$) і спектральна щільність коливань (z – e) комбінованого сошникового вузла:

a, z – висота зубців 1 см; $б, d$ – висота зубців 2 см; $в, e$ – висота зубців 3 см

Спектральна щільність $S(f)$ є добрим апроксимуванням циклічної взаємодії зубчастого диска, що розрізає, із ґрунтом, і викликаній нею вібрації сошникового вузла на пружній підвісці. Коли періодичний вібраційний процес змішується з випадковими коливаннями, то результуючий спектр

дорівнює сумі спектрів складових. Це вказує на те, що циклічний процес відбувається на випадковому фоні.

Важливою перевагою взаємного спектрального аналізу порівняно з кореляційним є те, що для отримання значущих результатів не потрібна бездисперсність середовища, в якому проводяться дослідження.

Як видно із амплітудних спектральних діаграм (рис. 4.7), із збільшенням висоти зубців диска, що розрізає, максимум амплітуд коливань тягового опору зміщується з низьких частот (0,5...2,5) на більш високі частоти (4,5...5 Гц).

При цьому амплітуди складових тягового опору зменшуються, особливо на частотах від 0,5 до 4 Гц, що свідчить про стабілізацію процесу роботи сошникового вузла.

4.3 Технологічна апробація комбінованого дводисково-анкерного сошникового вузла

Лабораторні дослідження комбінованого дводисково-анкерного сошникового вузла проводили в ґрунтовому каналі при глибині висіву від 4 до 8 см на швидкостях руху від 1 до 2,5 м/с. У результаті отримані графіки залежності тягового опору від швидкості руху в діапазоні глибини висіву (рис. 4.8).

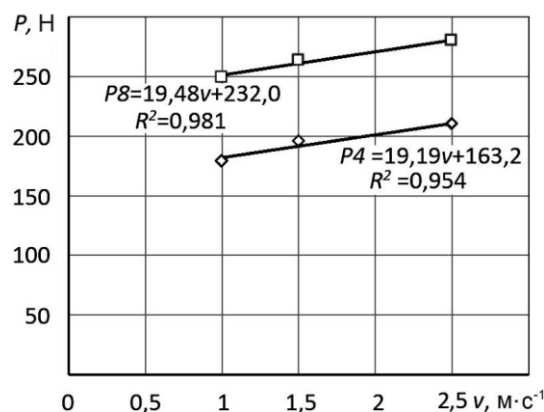


Рис. 4.8. Графіки залежності тягового опору комбінованого дводисково-анкерного сошникового вузла від швидкості руху при глибині висіву: —◇— 4 см; —□— 8 см

Як видно з рис. 4.8, із збільшенням швидкості руху від 1 до 2,5 м/с тяговий опір комбінованого дводисково-анкерного сошникового вузла лінійно зростає: при глибині висіву 4 см – від 180 до 210 Н, а при глибині висіву 8 см – від 250 до 280 Н.

Випробування пілотного зразка експериментального сошника для перевірки його працездатності проводили в різних ґрунтово-кліматичних умовах при зміні швидкості сівби в межах 2–3,5 м/с. Рівномірність закладення насіння по глибині перевірялася після появи сходів у фазі «шильця» шляхом повздовжнього розрізу стінки насінневої борозенки в безпосередній близькості до рядка рослин. Дослідження експериментального сошника осінню 2009 р. були проведені в умовах Генічеської дослідної станції Інституту зернового господарства НААН. Висів пшениці сорту Віра селекції Інституту зернового господарства НААН проводили селекційно-насінницькою сівалкою СС-16 з експериментальним сошником на швидкостях 6,8 і 12 км/год. при нормі висіву 5,5 млн шт./га.

Дослідний висів ячменю ярового сорту Сталкер селекції – Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннізнавства та сортовивчення проводили в умовах Кримського інституту АПВ.

Дослідний сошник було встановлено на сівалку СЗП-3,6. На швидкостях сівалки 4,3; 7,3; 8,9 і 10,5 км/год висів проводили при заданій густині рослин від 3 до 4,5 млн.шт./га.

У результаті випробувань встановлено, що в умовах сухої осені під час сівби пшениці по паровому попередникові збільшення швидкості руху агрегата до 2,75 м/с не впливало на зміну відношення глибини закладення насіння, величина якого знаходилася в межах агротехнічного допуску. Методика попередніх випробувань не передбачала математичної обробки результатів.

При збільшенні швидкості руху до 3,3 м/с відхилення глибини закладення насіння перевищило величину агротехнічного допуску і становило близько $1,8 \text{ м}^2$, як видно із приведеної залежності на рис. 4.9.

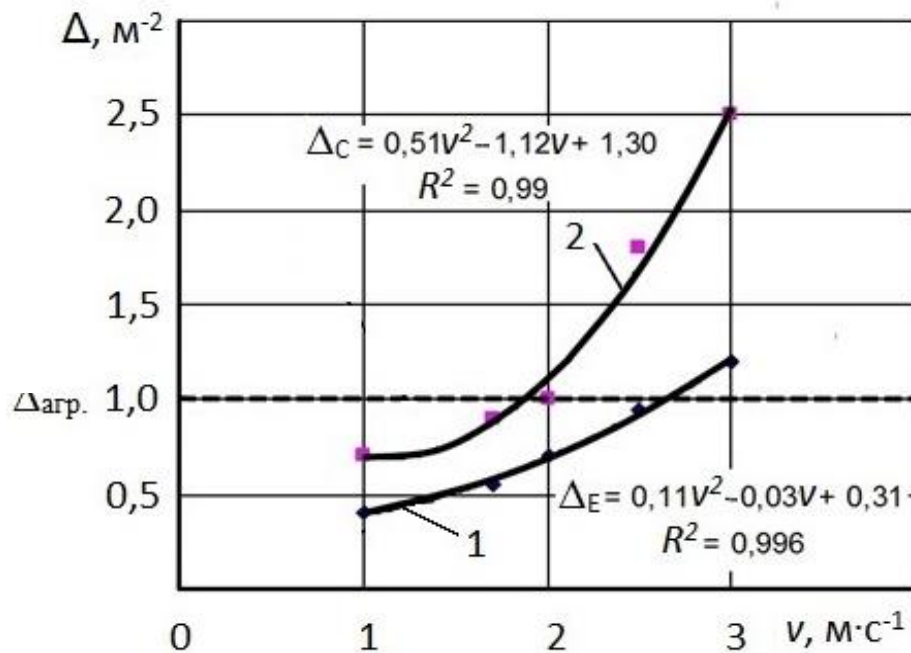


Рис. 4.9. Залежність величини відхилення глибини висіву насіння від швидкості руху сівалки для сошників:

1 – експериментального; 2 – серійного

Візуальний огляд засіяної ділянки виявив дружну появу сходів в рядках, засіяних експериментальним сошником.

У процесі сівби ячменю по стерньовому попередникові посівний шар ґрунту ряснів поживними рештками. У цьому випадку на вологому ґрунті працездатність сошника визначалася можливостями дискової його частини. Процес припинявся, якщо відбувалося злипання дисків. Засміченість ґрунту не впливала на працездатність кілеподібної частини, оскільки з ґрунтом взаємодіяла лише нижня частина наральника.

Порівняно з дводисковим сошником стандартної конструкції, якість закритої насінневої борозенки з осипанням ґрунту експериментального сошника практично не відрізнялася, проте були потрібні додаткові пристрої типу шлейфів.

4.4 Результати лабораторних досліджень лапових сошників культиваторного типу з розсіювачами пасивного типу та з роликом-розсіювачем

Лабораторні дослідження лапових сошників культиваторного типу з роликом розсіювачем в підлаповому просторі проводили на спеціально розробленому стенді з макетом зазначеного робочого органа, що імітував швидкість його руху залежно від швидкості сівалки, що наведена в попередньому розділі (див. рис. 3.20).

Результати досліджень розподілу насіння експериментальним зразком сошника з роликом-розсіювачем представлено у виді графічних залежностей на рис. 4.10 – 4.12. На рис. 4.10 – 4.11 зображено полігони розподілу насіння за зонами розсіву при різних швидкостях руху сівалки для норм висіву відповідно 3,5 та 5,5 млн шт./га. На рис. 4.12 представлено графіки залежності нерівномірності розсіву від швидкості руху сівалки.

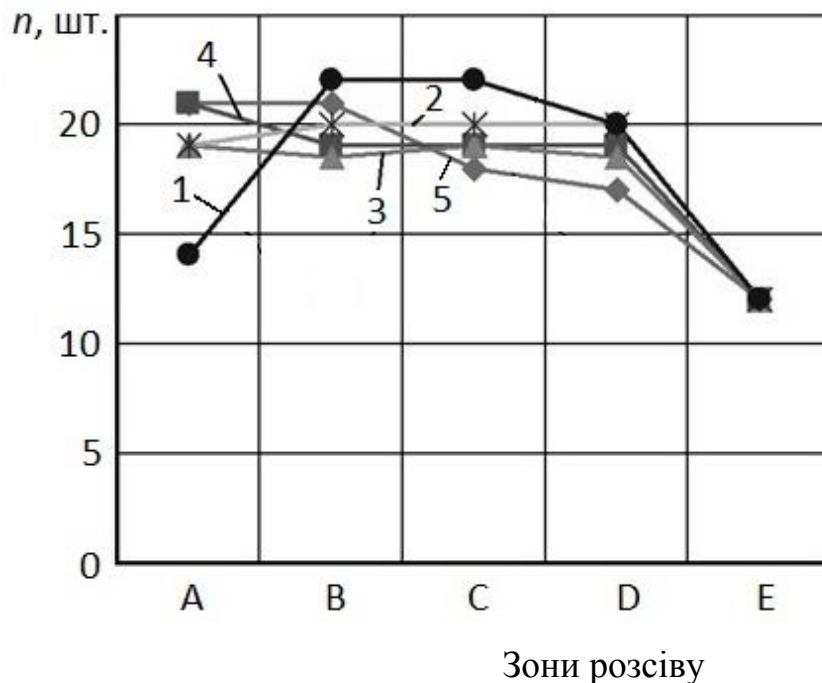


Рис. 4.10. Розподіл насіння по ширині розсіву при нормі висіву 3,5 млн шт./га при швидкостях руху, км/год:

1 – 3,6; 2 – 5,4; 3 – 7,2; 4 – 9; 5 – 10,8

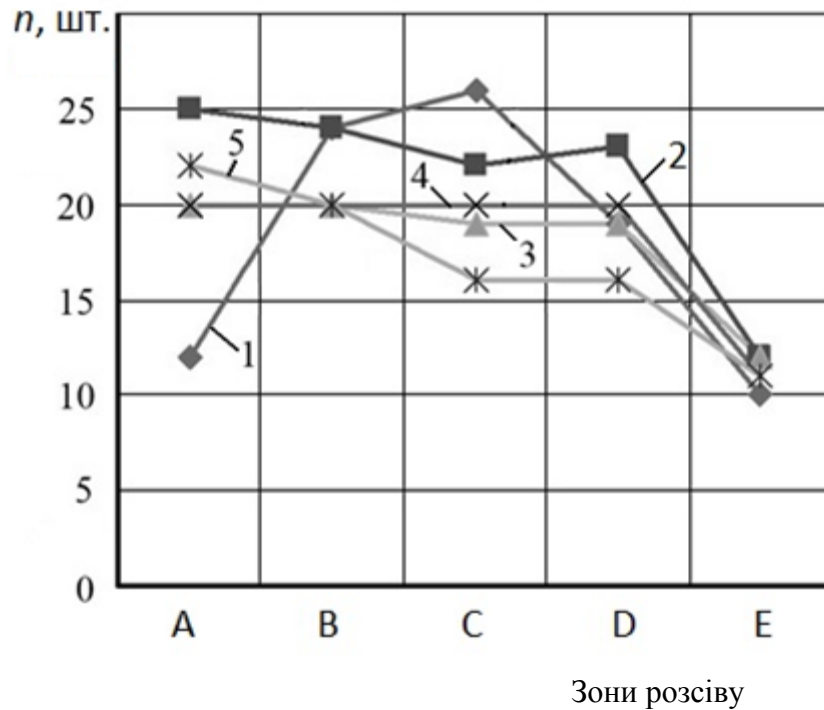


Рис. 4.11. Розподіл насіння по ширині розсіву при нормі висіву 5,5 млн шт./га при швидкостях руху, км/год :

1 – 3,6; 2 – 5,4; 3 – 7,2; 4 – 9; 5 – 10,8

Як видно з рис. 4.10,4.11 при швидкості руху сівалки 3,6 км/год. більшість насінин висівається по центру лапи сошника, а по боках лапи висів значно менший. Із збільшенням швидкості руху до 5,4 – 9 км/год розподіл насіння наближається до рівномірного. При подальшому збільшенні швидкості руху до 10,8 км/год максимум розсіву зміщається убік правого крила лапи. Проте на всіх досліджених швидкостях руху насіння розподіляється по всій ширині лапи сошника. Ця закономірність спостерігається при всіх нормах висіву насіння.

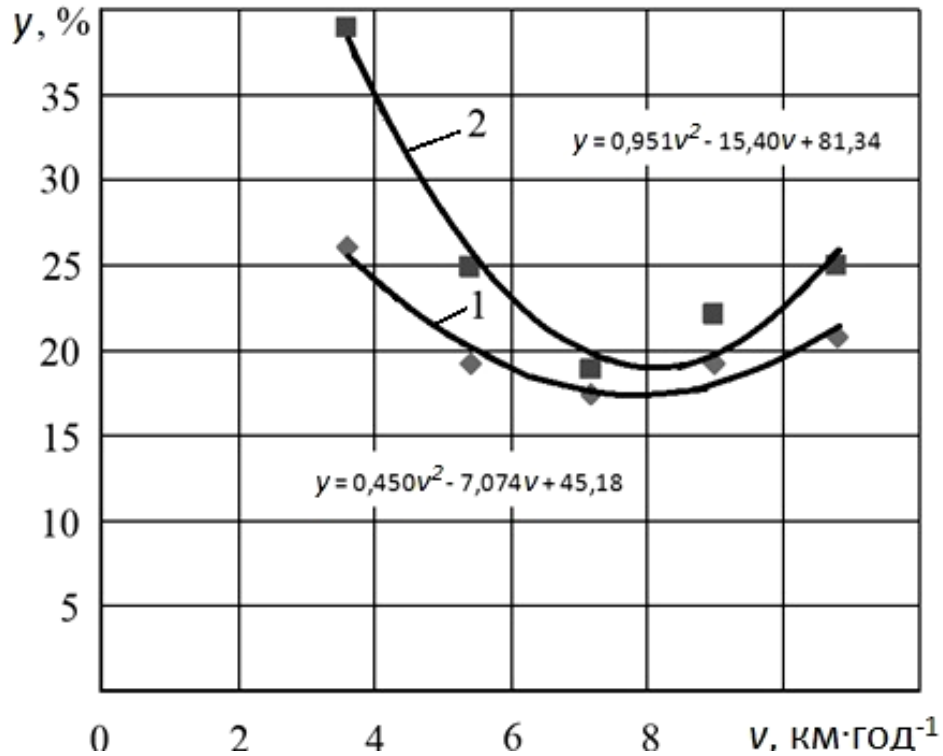


Рис. 4.12. Залежність нерівномірності розсіву від швидкості руху сівалки, км/год. для різних норм висіву: 1–3,5; 2–5,5 млн шт./га.

З аналізу результатів досліджень розподілу насіння експериментальним зразком сошника з роликом-розсіювачем (рис. 4.12) видно, що при швидкостях руху сівалки від 6 до 11 км/год спостерігається задовільна рівномірність розподілу насіння по ширині лапи сошника незалежно від величини норми висіву насіння в межах від 3,5 до 5,5 млн шт./га.

Дослідження експериментальних сошників проводились у ґрунтовому каналі з твердістю ґрунту 140 – 150 Н/см² і вологістю 16%, при швидкостях руху від 1,0 м/с до 2,5 м/с.

У результаті проведених експериментів отримані дані тягового опору сошників при різних швидкостях руху. Графіки залежності тягового опору сошників від швидкості руху приведені на рис. 4.13.

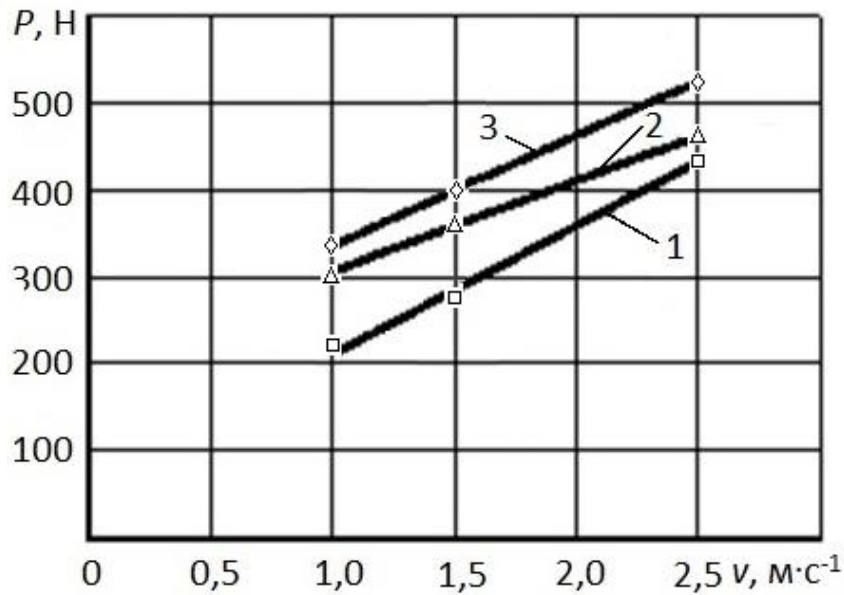


Рис. 4.13. Графіки залежності тягового опору лапових сошників від швидкості руху з розтвором лап, мм:

1– 50; 2– 120; 3 – 300 з роликком-розсіювачем

Коефіцієнти лінійної регресії a , b і детермінації R^2 залежностей тягового опору сошників відповідно дводисково-анкерного $P_1(t)$, стрілоподібного $P_2(t)$, лапового $P_3(t)$, лапового з роликком-розсіювачем $P_4(t)$ від швидкості руху сівалки приведені в табл. 4.16.

Таблиця 4.16

Показники тягового опору сошників

Показник	a	b	R^2
$P_1(t)$	232,00	19,48	0,981
$P_2(t)$	64,45	147,13	0,995
$P_3(t)$	99,90	208,94	0,993
$P_4(t)$	212,13	124,76	0,999

Аналіз тягового опору сошників показав, що середнє значення тягового опору при швидкості руху 2,5 м/с становить: лапового анкерного типу – 456 Н, лапового з роликком-розсіювачем – 525 Н, стрілоподібного – 435 Н.

При перерахунку на тяговий опір сівалки СС- 16, що містить 16 робочих органів, він становитиме при швидкості руху 2,5 м/с відповідно

7296, 8400 та 6960 Н. З урахуванням цих значень для агрегування сівалки СЗ-3,6 з сошниками культиваторного типу потрібен трактор тягового класу 14 кН (див. розд. 2.8).

4.5 Результати лабораторно-польових досліджень і виробничої перевірки експериментальних зразків технічних засобів

4.5.1 Результати досліджень експериментальних зразків системи електронного управління катушковим висівним апаратом

4.5.1.1 Система електронного управління висівом насіння з кроковим двигуном для селекційно-насінницьких сівалок сімейства СН-16

Залежність коефіцієнта передачі η від швидкості руху сівалки при заданих значеннях на МПУ представлена у вигляді графіків (рис. 4.14).

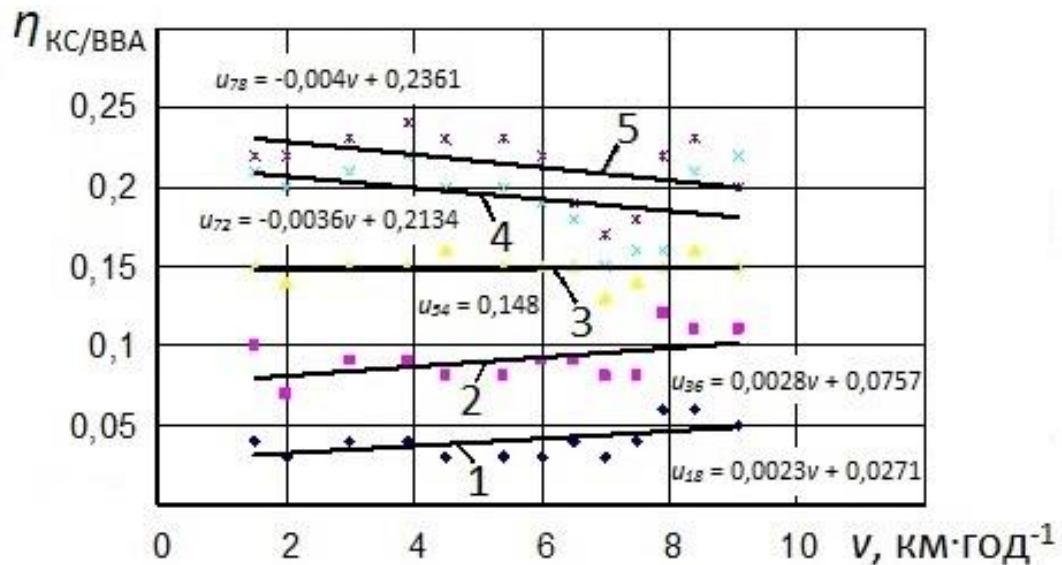


Рис. 4.14. Залежність коефіцієнта передачі від швидкості руху сівалки при заданих значеннях на МПУ:

1– 18; 2 – 36; 3 – 54; 4 – 72; 5 – 78

Польові дослідження сівби пшениці озимої сорту Селянка проводили в умовах Генічеської дослідної станції. Було вивчено нерівномірність висіву насіння залежно від швидкості сівалки, агрегатованої з трактором МТЗ-82 на дев'яти передачах, тобто на швидкості руху від 2,5 до 33,4 км/г. Результати

досліджень представлені у табл. 4.15 та в акті польових досліджень, додаток Б.

Таблиця 4.15

Залежність норми висіву насіння по сходах пшениці озимої від швидкості руху сівалки

Швидкість руху, км/год	Густина сходів, шт./м ²				Густина сходів, млн шт./га	Результат математичної обробки експериментальних даних
	Повторення			Середнє з трьох повторень		
	1	2	3			
2,50	336	334	338	336	3,36	НСР _{0,95} =7,14 шт./м ² НСР _% =2,12 Точність досліді р=0,71%
4,26	341	332	337	337	3,37	
7,25	330	337	335	334	3,34	
8,90	331	340	336	336	3,36	
10,54	327	336	337	333	3,33	
12,34	347	334	338	340	3,40	
15,16	338	334	336	337	3,37	
17,95	335	337	339	337	3,37	
33,39	338	336	340	338	3,38	

Отримані результати польових досліджень залежності густини висіву (по середньому з трьох повторень) від швидкості руху агрегату представлені графічно на рис. 4.15.

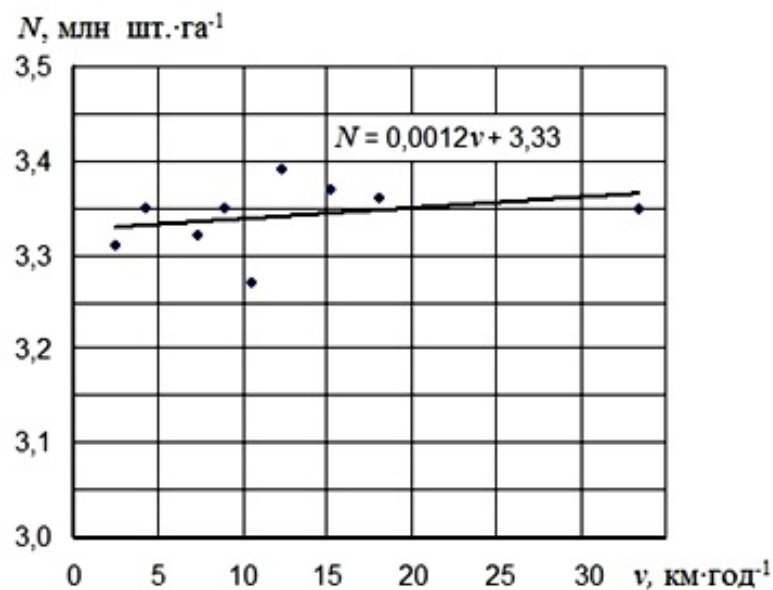


Рис. 4.15. Залежність норми висіву від швидкості руху сівалки

Відхилення по нормі висіву пшениці на швидкостях від 2,5 до 33,4 км/год сівалки СС-16, обладнаної системою автоматичного висіву насіння допустимі для насінневих сівалок. Висів проводився на дослідному полі Генічеської дослідної станції 17.10.2006 р. Обробка результатів висіву здійснена 13.11.2006 р. на кожній з 9-ти передач трактору МТЗ-82, з яким була агрегатована сівалка (з 1 по 9) було засіяно ділянку 25 м. Норма висіву озимої пшениці 175 – 180 кг/га стабільно підтримувалась системою на всій довжині дослідного поля, розташованого вздовж дороги на Генічеську дослідну станцію, що прилягає до автодороги республіканського значення Харків–Сімферополь. Дещо підвищена норма висіву спостерігалась на межах зміни передач трактора протяжністю від 0,5 до 1 м.

На мікропроцесорному пульті управління розробленої системи задається 78 передаточних відношень. Кількість корелює з можливостями механічної коробки передач базової насінницької сівалки і взяте для попередніх досліджень. Розрахунки норми висіву засіяної площі відпрацьовані на стенді можуть бути використаними для роботи на селекційно-насінницьких сівалках.

4.5.1.2 Експериментальний зразок системи електронного управління висівом насіння катушковим висівним апаратом для рядкових сівалок сімейства СЗ-3,6

Для дослідження електронної системи приводу висівного апарата була взята причіпна зернотукова пресова сівалка СЗП-3,6 виробництва ВАТ «Червона зирка», як одна з тих, що широко застосовувалась у Кримському інституті агропромислового виробництва. Найпоширенішими в сільському господарстві базові сівалки з висівними апаратами катушкового типу. З катушковими апаратами працюють зернові, зерно-трав'яні льонові, овочеві, бавовникові і лісні сівалки.

Залежно від напрямку обертання котушки розрізняють верхній і нижній висіви. Для висіву насіння зернових, льону, овочевих і круп'яних культур застосовують нижній висів, а для висіву крупного насіння (гороху, квасолі, тощо) з метою зменшення його пошкодження – верхній.

Сівалки, випущені вітчизняною промисловістю, мають котушкові апарати з регульованою довжиною робочої частини котушки. Це висівні апарати сівалок: СЗ-3,6; СЗУ-3,6; СЗП-3,6; СЗК-3,6; СЗС-2,1.

У сівалці СЗ-3,6 котушкові висівні апарати приводяться в обертний рух одночасно від обох ходових коліс. Агрегатують сівалку з тракторами «Беларусь», ЮМЗ-6 і Т-40А. Котушковий висівний апарат сівалки СЗ-3,6 забезпечує висів зерна по пшениці при нормі від 60 до 250 кг/га і швидкості сівалки до 12 км/годину. Норма висіву змінюється за рахунок зміни довжини робочої частини котушки від 10 до 30 мм і встановленого передаточного відношення (0,198; 0,428; 0,616 і 1,330).

Загальний вигляд СЗП – 3,6 з електроприводом висівного апарату від крокового двигуна приведений на рис. 3.13.

Призначення сівалки – для рядкової сівби з одночасним прикочуванням ґрунту в засіяних рядках. Кожний коток, рухаючись по засіяному рядку, ущільнює ґрунт, створюючи сприятливі умови для проростання насіння і зменшення видування часточок ґрунту вітром. (Заміна прикочувальних котків приводними колесами дає звичайну сівалку для районів з підвищеною вологістю.) Водночас котки виконують функцію приводу для вала з висівними апаратами. Зчеплення котків з ВВА здійснюється через зірочки ланцюговими передачами. Одна секція була відключена від механічного приводу ВВА, тобто на муфті зчеплення ВВА роз'єднаний і знятий ланцюг приводу ВВА від котка. На місці приводної зірочки, що встановлена на котку, закріплений датчик обертів (див. рис. 3.7), а ВВА секції приводиться в рух електронною системою, що випробувана на макеті по схемі кріплення приведений на рис. 3.30, 3.31.

Друга секція, обладнана набором зірочок для регулювання обертів ВВА, здійснювала висів завдяки базовій механічній передачі руху від приводного котка. Вона була налагоджена на норму висіву ячменю 180 кг/га.

Загальний вигляд посівного агрегату під час експериментальних досліджень наведено на рис. 3.35.

Для досліджень брали зерно ячменю ярового сорту Сталкер Селекційно-генетичного інституту. Висів проводили на паровому полі для селекційних дослідів після попередньої культивації 20 травня 2009 р. У зв'язку з тим, що вологи було вже недостатньо (оптимальні строки висіву ярового ячменю 1.02–15.03 для Криму) польова схожість зерна становила 46,7%.

Загальний вигляд експериментальної ділянки наведено на рис. 4.16 і 4.17.



Рис. 4.16. Загальний вигляд сходів ячменю за результатами експериментального висіву



Рис. 4.17. Загальний вигляд фрагменту дослідного поля під час аналізу результатів експерименту

Для закладання дослідів на секції сівалки, обладнаної електроприводом висівного апарата, задавали мікропроцесорним пультом управління різні коефіцієнти передачі (КП МПУ-15;20;25). Коефіцієнт передачі 15 відповідав нормам висіву 152; 20–182 і 25–223 кг/га (Задана густина рослин від 3,0 до 4,5 млн шт./га).

Дослідження проводили на різних передачах руху трактора 2;3;4;5, що відповідало швидкостям 4,3; 7,3; 8,9 і 10,5 км/год. Довжина гону 300 м, на кожному проході коефіцієнт передачі, що задається на мікропроцесорному блоці управління, змінювався двічі. Норми висіву, встановленій для секції з механічним приводом висівного апарата відповідав коефіцієнт передачі, рівний 20, встановлений на пульті управління секції сівалки з електроприводом висівного апарата.

Для аналізу результатів експериментальних посівів підраховували пророслі зерна на метр погонний по обом секціям (з механічним і електроприводом висівних апаратів) по кожному сошнику і відзначили

середньоквадратичне відхилення по рядку. Результати досліджень представлені у табл.4.16.

Таблиця 4.16.

Показники проростання насіння, що висіяне сівалкою СЗП-3,6 з механічним і електромеханічним приводом катушкового висівного апарату

а) для КП МПУ = 15 і передачі (швидкості) трактора = 2(4,3),3(7,3),4(8,9) і 5(10,5 км/годину)															
Тип при-воду	Швид. трак-тора км/год	Номер рядка												Насінин на м.пог.	Середньо-квадратичне відхилення
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Ел.	4,3	24	22	23	22	21	22	24	24	23	20	23	22	270	±1,19
Мех.	4,3	26	28	28	28	26	27	26	28	26	28	28	25	324	±1,08
Ел.	7,3	23	23	25	23	26	22	25	24	22	25	23	22	283	±1,32
Мех.	7,3	26	25	27	28	30	27	30	28	26	27	26	25	325	±1,61
Ел.	8,9	20	23	19	19	24	22	23	23	21	24	18	19	255	±2,09
Мех.	8,9	27	24	22	27	23	27	24	22	24	25	25	23	293	±1,75
Ел.	10,5	21	23	23	21	24	25	24	23	22	25	20	21	272	±1,60
Мех.	10,5	28	29	28	29	25	29	26	28	29	26	28	28	333	±1,30
б) для КП МПУ = 20 і передачі (швидкості) трактора = 2(4,3),3(7,3),4(8,9) і 5(10,5 км/годину)															
Ел.	4,3	28	26	25	27	25	27	29	26	26	27	28	24	318	±1,38
Мех.	4,3	26	24	22	24	26	27	23	23	25	24	24	23	291	±1,42
Ел.	7,3	26	24	25	26	23	24	23	27	27	25	24	24	298	1,34
Мех.	7,3	24	27	27	25	25	25	24	24	26	24	26	27	304	±1,18
Ел.	8,9	25	27	26	23	23	25	26	27	25	25	23	21	296	±1,75
Мех.	8,9	23	27	23	27	27	23	21	20	27	26	20	23	287	±2,66
Ел.	10,5	25	20	22	25	22	23	27	27	22	25	21	22	281	±2,22
Мех.	10,5	26	26	24	26	22	23	22	22	26	22	27	27	293	±2,02
в) для КП МПУ = 25 і передачі (швидкості) трактора = 2(4,3),3(7,3),4(8,9) і 5(10,5 км/годину)															
Ел.	4,3	35	33	32	36	30	36	33	37	33	33	30	35	403	±2,02
Мех.	4,3	27	26	25	29	24	25	27	24	23	25	29	29	313	±2,18
Ел.	7,3	35	31	32	34	31	32	37	37	34	31	35	32	401	±2,14
Мех.	7,3	28	29	23	27	23	25	25	27	29	28	28	26	318	±2,02
Ел.	8,9	35	31	31	34	31	30	31	33	31	32	33	33	385	±1,37
Мех.	8,9	28	25	27	27	24	25	25	29	27	26	27	26	316	±1,44
Ел.	10,5	28	31	30	31	30	29	28	28	30	30	29	32	356	±1,25
Мех.	10,5	24	26	23	26	26	24	25	23	27	24	26	24	298	±1,28

За результатами досліджень даних таблиці проаналізовані залежності числа сходів у рядку при заданих передаточних числах: 15; 20 і 25 для швидкостей сівалки: 4,3; 7,3; 8,9 і 10,5 км/год.

Аналіз даних табл. 4.16 показує, що для обох секцій з різними типами приводу вала з катушковими висівними апаратами залежності ідентичні.

Спостерігається електронне регулювання норми висіву. Отримані результати досліджень підтверджують прямолінійну залежність швидкості обертання валу сівалки з котушковими висівними апаратами з електроприводом від швидкості руху сівалки при заданих коефіцієнтах передачі (рис. 4.18).

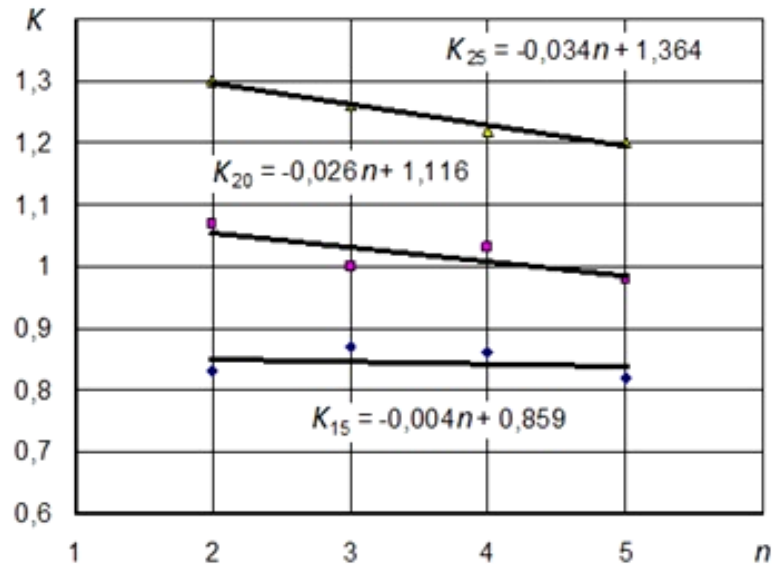


Рис. 4.18. Залежність відношення K приводів вала висівних апаратів (електронний/механічний) по кількості пророслих насінин у рядку при різних КП (-----15, 20, 25) від швидкості висіву (номер n передачі трактора)

Польова схожість висіяного зерна секцією з електроприводом при заданому на КП МПУ значенні 15 становила 1,5 млн шт./га, при 20–1,7 млн шт./га, при 25–2,1 млн шт./га.

4.5.1.3 Система електронного управління висівом насіння з колекторним двигуном для селекційно-насінницьких сівалок сімейства СН-16

Дослідні посіви з використанням мотор-редуктора, встановленого для приводу висівного апарата котушкового типу діючої сівалки СН-16 в умовах Генічеської дослідної станції Інституту зернового господарства НААН. Загальний вигляд переобладнаної сівалки представлений на рис.3.14- 3.16.

Висів пшениці «Віра», селекції Інституту зернового господарства проводили на дослідному полі Генічеської дослідної станції Інституту

зернового господарства НААН на швидкостях сівалки 6; 8; 10 і 12 км/год при нормі висіву 5,5 млн шт./га. П'ятого листопада 2009 р. польова схожість становила 69% через засухи і стерньового попередника. Відхилення від норми до 5%.

Враховуючи особливості конструктивних рішень висівних апаратів катушкового типу, необхідність приводу вала з катушками на підшипники кочення і виключення пар (метал-метал) і зменшення за можливістю тертя для модернізації висівного апарата рядкових сівалок розроблено проект технічного завдання на дослідно-конструкторську роботу «Підготувати до виробництва сівалку для селекційно-насінницьких робіт СНС-16» (додаток А). Розробка захищена патентом [343] і як електропривід висівного апарата дослідного зразка насінницької сівалки можуть бути використані досліджені електросистеми з кроковим чи колекторним електродвигуном.

4.5.2 Результати досліджень експериментальних зразків сошникових робочих органів

4.5.2.1 Комбінований сошниковий вузол із зубчастим ножем-диском

Підтвердження працездатності, дотримання агротехнічних вимог, визначення тягового опору та впливу на нього віброефекта, від застосованих при дослідженнях запропонованих технічних рішень, здійснювалось на експериментальних зразках сошникових вузлів із зубчастими дисками, що розрізають, на спеціально підготовленому обладнанні в лабораторних умовах ґрунтового каналу ПФ НУБіП України «КАТУ», с. Аграрне, м. Сімферополь (розд. 4.2) та польовими випробуваннями в господарчих умовах ТОВ «Плодородіє» в с. П'ятихатки Красногвардійського району АР Крим.

Сошниковий вузол із зубчастим розрізаючим диском і анкером стало працював на обробленому і необробленому полях із вмістом рослинних решток у поверхневому шарі до 480 г/м². Рослинні рештки на дні борозенки,

що створювалась, були відсутніми. Ширина смуги деформованого ґрунту не перевищувала 0,025 м.

Твердість ґрунту визначалась за допомогою твердоміра Ревякіна Ю.Ю. в польових умовах. У процесі роботи приладу по обробленому ґрунту встановлювали плунжер діаметром 0,02 м, на необробленому - діаметром 0,016 м. Дії штока підвергався тільки верхній горизонт в інтервалі 0,08 м, що визначався глибиною загортання насіння. Повторність вимірювань на фоні - 3. Вологість ґрунту розраховувалась за стандартною методикою і не перевищувала в першому випадку 7–8%, а в другому 10–15%. Діаграми, отримані при визначенні твердості ґрунту, підтверджують раніше зроблене припущення про практично лінійний характер наростання напруги в міру вдавлювання штока. Отримані значення твердості при поверхневій обробці – 0,85 МПа, по стерні - 1,7 МПа. Шарнірне кріплення рамки опорно-прикочуючого пристрою сошникового вузла знижує вантаж на деталі механізму підйому, зменшує габаритні розміри сошникового вузла.

Використання послідовно розташованих зубчастого ножа, що розрізає, та сошникового вузла із зубчастим диском, анкерним чи стрілоподібним сошником, а також пластинчасто-пружинних підвісок для ножів, пружинно-натискного механізму для сошникових вузлів та пружинного механізму автоколивачів дають змогу за рахунок віброефекта зменшувати енергоємність сівалки при сівбі за енергозберігаючими технологіями. Вказані технічні рішення можуть бути використані у сівалці навісній селекційно-насінницькій для висіву в необроблений і мінімально оброблений ґрунт (mini-till, no-till і strip-till).

Технічні рішення зумовлюють сумісність пристрою із зубчастими ножами, що розрізають ґрунт, на додатково встановленій порожнистій квадратній балці рами сівалки та сошникових вузлів з зубчастими дисками, сошниками та котками, що прикочують, з базовою, частково підсиленою рамою сівалки без зміни її основної конструкції.

4.5.2.2 Комбінований дводисково-анкерний сошниковий вузол

Експериментальні дослідження комбінованих дводисково-анкерних сошників [20, 21] проведені в умовах розсадників НЦ НС СГІ для сівби на ділянках зернових і зернобобових культур на площі 30 га. Сівалкою, навішеною на трактор Т-25А із шириною колії 2,0 м, із встановленими комбінованими сошниками з міжряддям 0,15 м, шириною захвату 1,5 м засіяні ділянки довжиною від 2 до 20 м ячменю ярого, ячменю озимого та пшениці озимої нормою висіву 3,5; 4,0; 4,5; 5,0 млн шт./га, глибина загортання 40; 60; 80 мм. Довжина міжярусної доріжки від 0,35 до 0,65 м. Нерівномірність висіву вздовж рядка 4%, нерівномірність висіву між сошниками – 3%, подрібнення насіння – до 1%. Місткість касети – 250 см³, кількість касет у блоці, що висівається без зупинки – 10. Сівалка забезпечує підвищення рівномірності глибини закладення насіння шляхом унеможливлення підйому нижньої частини нарального на висоту, що не перевищує величину агротехнічного допуску Δ_{agr} . При середній врожайності насінневого зерна 4,5 т/га приріст урожаю сягає 5–7% при використанні для сівби комбінованих сошників за рахунок підвищення схожості порівняно з висівом стандартними дводисковими сошниками, що у грошовому виразі складає 650-900 грн/га (станом на 2013 р.).

Польовими дослідженнями конструкції сівалки селекційної СЦН-10 встановлена її здатність виконувати технологічний процес відповідно до агрономог на третьому етапі селекційно-насінницьких робіт. Застосування в конструкції сівалки комбінованих дводисково-анкерних сошників забезпечує можливість більш рівномірного розподілу і висіву насіння в ґрунт.

Випробування комбінованих дводисково-анкерних сошників з новими технічними рішеннями, розроблених і виготовлених у НВО «Селта» (загальний вигляд представлений на рис. 3.18), проведено під час програмних висівів проса в Інституті зрошувального землеробства НААН (м. Херсон, сел. Наддніпрянське). Дослідження проведено у польовій зернопаропросапній сівозміні на темно-каштановому середньосуглинковому ґрунті. Просо в

сівозміні розміщено після пшениці озимої, основним обробітком була оранка на глибину 20 – 22 см. Рано навесні провели боронування, а при настанні оптимальних строків сівби здійснили передпосівну культивуацію на рекомендовану глибину загортання насіння від 3 до 5 см. До сівби приступили безпосередньо після завершення культивуації. Агротехнологічні дослідження проводили в польових умовах при сівбі сівалкою СН-16 в агрегаті з трактором Т-25 (див. рис. 3.35). Сівалка обладнана 13 сошниками з яких: 7 – комбіновані дводисково-анкерні і 6 – базові дводискові.

Проведено порівняльне визначення глибини загортання насіння проса при використанні сошників різної конструкції й оцінювання їх впливу на рівномірність отримання сходів і розвитку рослин:

- сівба на глибину 3 см – глибина дотримана, сходи дружні при сівбі сошниками обох конструкцій, отримано на 8-й день ;
- сівба на глибину 4 см – глибина дотримана, сходи дружні при сівбі сошниками обох конструкцій, отримано на 9-10-й день;
- сівба на глибину 5 см – глибина дотримана, сходи дружні при сівбі сошниками обох конструкцій, отримано на 12-й день.

Проведено оцінювання якості сівби (глибини загортання, рівномірності розподілу насіння) залежно від швидкості руху посівного агрегату та типу сошника при агрегуванні з трактором Т-25 на швидкостях:

- при сівбі на швидкості 7,2 км/год – обидва типи сошників забезпечували дотримання глибини і рівномірності розподілу насіння, у результаті сходи отримано рівномірні і дружні;
- при сівбі на підвищеній швидкості 9,6 км/год – анкерно-дисковий тип сошників забезпечував більш точне дотримання глибини і рівномірності розподілу насіння в результаті сходи отримано рівномірні і дружні;
- при сівбі на швидкості 14,5 км/год – дотримання глибини і рівномірності розподілу насіння анкерно-дисковий тип сошників забезпечував завдяки висіву на насінневе ложе, яке створював анкер, що встановлений на пружинній підвісці між дисками так, що його відхилення

незважаючи на швидкість висіву, дотримує глибину загортання насіння в межах агротехнологічного допуску;

- хороший ефект забезпечувала робота прикочувальних котків, якими були обладнані дводисково-анкерні сошники нової конструкції.

Як показали результати польових експериментальних досліджень сівби проса комбінованими сошниками з різною швидкістю руху агрегату істотного впливу на початковий ріст і розвиток рослин не має. Кількість рослин на погонному метрі становить 21–22 шт., що в перерахунку на 1 га сягає 1,4–1,5 млн рослин.

Під час дослідження встановлено, що завдяки дообладнанню дводискових сошників додатковою кілеподібною частиною з розтрубом таким чином, що комбінований дводисково-анкерний сошник кладе насіння на тверде насінневе ложе, виключає інерційність виносу насіння за межі агротехнологічного допуску, в тому числі на підвищених швидкостях висіву. Обладнання даних типів сошників ще і прикочувальними котками, встановленими з можливістю регулювання свого положення відносно сошників, створюють ще більші їх переваги порівняно з іншими технічними рішеннями.

Враховуючи необхідність скорочення витрат матеріально-технічних і грошових ресурсів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур, є доцільність обладнання малогабаритних сівалок типу СН-16 новими комбінованими дводисково-анкерними сошниками з прикочуючими котками.

Основним недоліком дводискового сошника, яким укомплектовані, як правило, селекційні сівалки, є підвищена нерівномірність глибини закладання насіння, особливо на підвищених швидкостях сівби. Насіння, що падає в борозенку, яка відкривається поблизу дисків, що обертаються викидається в її верхню частину і на ложе не попадає. У комбінованому сошнику падаюче насіння не контактує з дисками і падає в очищену і додатково ущільнену полозоподібною частиною сошника борозенку

безпосередньо на ложе. У процесі обробітку ґрунту створюється щільне ложе на глибині закладання насіння, яке до моменту сівби, навіть у достатньо суху осінь, залишається вологим. Насіння, що попало на таке ложе, швидко проростає.

4.5.2.3 Сошник культиваторного типу з ролик-розсіювачем

Як уже відзначалося вище, для повноцінного впровадження технології мінімальної обробітку ґрунту досить на додаток до дискового знаряддя мати пристрій, здатний внести насінний матеріал під мульчований шар ґрунту. Зважаючи на те, що ґрунт заздалегідь оброблявся й опір її в робочому процесі сошникового вузла істотно нижчий, ніж необробленого, для виготовлення робочих органів не потрібні матеріали з особливо міцними характеристиками. Попередні розрахунки показують, що для оснащення, наприклад, сівалки СЗ-3,6 сошниками культиваторного типу досить лише посилити в її конструкції сошниковий брус.

Лаповий сошник більш якісно розміщує насіння на ґрунтове ложе, пристосований для здійснення полосної сівби, тому об'єктом досліджень вибраний сошник культиваторного типу. Розроблено пристрій для модернізації сівалки СЗ-3,6 із заміною дискових сошників на лапові. У попередніх дослідженнях сівалкою проведений висів ячменю ярового за технологією mini-till з трьома видами попереднього поверхневого обробітку ґрунту.

Загальний вигляд ділянки із сходами ячменю ярового, висіяного зерновою сівалкою СЗ-3,6 з сошниками культиваторного типу, представлено на рис. 4.19.



Рис. 4.19. Загальний вигляд сходів ячменю ярового, висіяного зерновою сівалкою СЗ-3,6 із сошниками культиваторного типу

Підвищення врожайності порівняно із сівбою дисковими сошниками становило у межах 0,6...0,7 т/га. Собівартість отриманої продукції, розрахованої із застосуванням алгоритму табл. 2.1–2.4, становить 819,00 грн/т для варіанта висіву культиваторним сошником по орному фоні, тоді як для варіанта висіву по цьому фоні дводисковим сошником – вже 1081,00 грн/т.

У табл. 4.17 приведені результати польових досліджень висіву ячменю ярового сорту Сталкер в Інституті зрошуваного землеробства НААН на неполивній ділянці довжиною 156 м шириною 66 м при нормі висіву 165 кг/га сівалкою СЗ-3,6 із розробленим пристроєм, який дав змогу замінити 24 дводискові сошники на 16 сошників лапового типу (див. рис. 3.22). Попередник–пшениця. Попередня підготовка ґрунту: оранка, чизелювання чи дискування. Міжряддя – 22,5 см, полоса сходів у рядку 80–мм.

Перевага культиваторного робочого органу пояснюється тим, що відсутність передпосівної культивації дала змогу, по-перше, зменшити витрати на технологічні операції, по-друге, виключити втрати вологи, пов'язаних з передпосівною обробкою ґрунту, що в умовах посушливого літа зіграло вирішальну роль у підвищенні врожайності.

Таблиця 4.17

Зміна врожайності (т/га) ячменю ярового сорту Сталкер залежно від способів попереднього обробітку ґрунту і вживаних сошникових пристроїв

Попередній обробіток ґрунту	Вживаний сошник	
	дводисковий	Культиваторний
Оранка на глибину 0,18...0,2 м	2,15	2,74
Чизельний обробіток на глибину 0,18...0,2 м	1,71	2,47
Дискування на глибину 0,12...0,14 м	1,55	2,09

Висновки до розділу 4

1. Розроблено спеціальний стенд та розроблено і досліджено систему автоматичного управління висівом насіння САУВН для селекційно-насінницьких рядових сівалок модельного ряду СН-16 із апаратами котушкового типу. Встановлено основні математичні залежності між технологічними і режимними показниками роботи сівалки СС-16, досліджено якісно-кількісні показники роботи котушкових висівних апаратів, що приводяться в рух електромеханічним приводом за допомогою мікропроцесорного пульта управління МПУ.

2. Експериментальними дослідженнями САУВН на промисловій сівалці СЗП-3,6 при різних коефіцієнтах заданих на МПУ (15;20;25) для завдання гущини рослин (від 3,0 до 4,55 млн шт./га) на різних передачах руху трактора 2;3;4;5, що відповідало швидкостям 4,3; 7,3; 8,9 і 10,5 км/год встановлено, що спостерігається електронне регулювання норми висіву. Отримані результати досліджень, залежність відношення коефіцієнтів приводів вала висівних апаратів (електронний/механічний) за кількістю пророслих насінин у рядку підтверджують прямолінійну залежність швидкості обертання вала сівалки з котушковими висівними апаратами з електроприводом від швидкості руху сівалки при заданих коефіцієнтах

передачі. Результатами експериментальних польових досліджень системи електронного приводу з використанням крокового двигуна висівного апарату котушкового типу для рядкових сівалок, наприклад СЗП-3,6, підтверджена її працездатність і можливість застосування на сівалках із висівними апаратами, що закріплюються на валу. При цьому попередньо вал необхідно встановити на підшипники кочення та виключати чи послаблювати тертя, особливо для пар «метал-метал», що властиво для висівного апарату базових сівалок.

3. Розроблено, виготовлено та досліджено в польових умовах на сівалці СН-16 конструкцію мотор-редуктора на базі колекторного електродвигуна постійного струму з блоком управління для приводу вала з висівними апаратами забезпечила норму висіву пшениці сорту Віра селекції Інституту зернового господарства НААН сівалкою СН-16 на швидкостях 6; 8; 10 і 12 км/год. Колекторний електродвигун постійного струму є економічно більш доцільним відносно електроприводу на базі крокового двигуна. Застосування САУВН забезпечило розширення діапазона норм висіву в 3,75 раза при зменшенні металоємності сівалки на 10%. Нерівномірність висіву насіння залежно від швидкості сівалки, агрегатованої з трактором МТЗ-82 на дев'яти передачах, тобто на швидкості руху від 2,5 до 33,4 км/год ($НСР_{0,95}=7,14$ шт./м²; $НСР_{\%}=2,12$; точність дослідження $p=0,71\%$) знаходиться у межах агротехнологічних допусків. Розроблено настанову та рекомендації з практичного використання отриманих залежностей для САУВН з мотор-редуктором для селекційно-насінницьких сівалок модельного ряду СС-16.

4. Розроблено і досліджено комбінований дисково-анкерний сошниковий вузол для селекційних і селекційно-насінницьких сівалок. Отримано підвищення сталості показника глибини загортання насіння, в межах агротехнологічного допуску, дослідженнями при проведенні програмних селекційних посівів з використанням експериментальних сошникових вузлів при висіві пшениці селекційно-насінницькою сівалкою СС-16 на швидкостях 6,8 і 12 км/год при нормі висіву 5,5 млн шт./га,

висіві проса на глибину 3;4;5 см на швидкості 7,2;9,6 і 14,5 км/год при нормі висіву 1,4-1,5 млн шт./га.

5. Експериментальними дослідженнями комбінованих дисково-анкерних сошникових вузлів при сівбі на ділянках зернових і зернобобових культур сівалкою селекційною СЦН-10, навішеною на трактор Т-25А з шириною колії 2,0 м, з міжряддями 0,15 м, шириною захвату 1,5м засіяні ділянки довжиною від 2 до 20 м ячменю ярового, озимого ячменю та пшениці озимої нормою висіву 3,5; 4,0; 4,5; 5,0 млн шт./га, глибина загортання 40; 60; 80 мм. Довжина між'ярусної доріжки від 0,35 до 0,65 м. Нерівномірність висіву вздовж рядка 4%, нерівномірність висіву між сошниками 3%, подрібнення насіння до 1%. Сівалка забезпечує підвищення рівномірності глибини закладення насіння шляхом унеможливлення підйому нижньої частини нарального на висоту, що не перевищує величину агротехнічного допуску Δ_{agr} . При середній врожайності насінневого зерна 4,5 т/га приріст врожаю сягає 5–7% при використанні для сівби комбінованих сошників за рахунок підвищення схожості порівняно з висівом стандартними дводисковими сошниками.

6. Лабораторними дослідженнями комбінованого дводисково-анкерного сошникового вузла у ґрунтовому каналі встановлено, що із збільшенням швидкості руху від 1 до 2,5 м/с тяговий опір комбінованого дводисково-анкерного сошникового вузла лінійно зростає: при глибині висіву 4 см – від 180 до 210 Н, а при глибині висіву 8 см – від 250 до 280 Н. У польових умовах експериментальний зразок комбінованого дводисково-анкерного сошникового вузла забезпечує рівномірність висіву насіння в межах агродопуску $\Delta_{agr}=1$ см при швидкостях руху від 1 до 2,7 м/с. Водночас відхилення глибини висіву насіння понад $\Delta_{agr}=1$ см у серійного дводискового сошника спостерігається вже при швидкості руху 1,8 м/с, досягаючи 2,5 см при швидкості руху 3 м/с.

7. Розроблено і досліджено лаповий сошник культиваторного типу з роликом-розсіювачем для смугового висіву насіння. З аналізу результатів

досліджень розподілу насіння експериментальним зразком сошника з роликом-розсіювачем видно, що при швидкостях руху сівалки від 6 до 11 км/год спостерігається задовільна рівномірність розподілу насіння по всій ширині лапи сошника, що підтверджує правильність теоретичного обґрунтування робочого органу. Отримані дані тягового опору сошників із твердістю ґрунту 140–150 Н/см² і вологістю 16% при швидкості руху 2,5 м/с становить: лапового – 456 Н, лапового з роликом-розсіювачем – 525 Н, стрілоподібного – 435 Н. При перерахунку на тяговий опір сівалки СЗ-3,6, що містить 16 робочих органів, він становитиме при швидкості руху 2,5 м/с відповідно 7296, 8400 та 6960 Н. З урахуванням цих значень для агрегування сівалки СЗ-3,6 з сошниками культиваторного типу потрібен трактор тягового класу 14 кН.

8. Лаповий сошник більш якісно розміщує насіння на ґрунтове ложе, пристосований для здійснення смугової сівби. Розроблено експериментальний зразок пристрою для модернізації сівалки СЗ-3,6 з заміною дискових сошників на лапові. У попередніх дослідженнях сівалкою проведено висів ячменю ярого за технологією mini-till з трьома видами попереднього поверхневого обробітку ґрунту. При нормі висіву 165 кг/га сівалкою СЗ-3,6 із розробленим пристроєм, який дав змогу замінити 24 дводискові сошники на 16 лапових сошників культиваторного типу. Попередник – пшениця. Попередня підготовка ґрунту: оранка, чизелювання чи дискування. Міжряддя – 22,5 см, полоса сходів у рядку – 80 мм. Завдяки застосуванню лапових сошників культиваторного типу підвищення врожайності порівняно з сівбою дисковими сошниками становило у межах 0,6...0,7 т/га.

9. Розроблено і досліджено комбінований сошниковий вузол з дисковим ножом на двопружинній підвісці. Використання послідовно розташованих зубчастого ножа, що розрізає, та сошникового вузла з зубчастим диском, анкерним чи стрілоподібним сошником, а також пластинчасто-пружинних підвісок для ножів, пружинно-натискного

механізму для сошникових вузлів та пружинного механізму автоколивань дають можливість за рахунок віброефекта зменшувати енергоємність сівалки при сівбі за енергоощадними технологіями. Вказані технічні рішення можуть бути використані в сівалці навісній селекційно-насінницькій для висіву в необроблений і мінімально оброблений ґрунт (mini-till, no-till і strip-till). Технічні рішення зумовлюють сумісність пристрою із зубчастими ножами, що розрізають ґрунт, на додатково встановленій порожнистій квадратній балці рами сівалки та сошникових вузлів з зубчастими дисками, сошниками та котками, що прикочують з базовою, частково підсиленою рамою сівалки без зміни її основної конструкції.

10. Визначено технологічні параметри комбінованого сошникового вузла з дисковим ножом. У результаті проведення трифакторного експеримента отримане рівняння регресії (4.14) залежності тягового опору сошникового вузла від глибини висіву насіння, швидкості руху і висоти зубців дискового ножа, аналіз якого показав, що в робочому діапазоні глибини висіву і швидкості руху із збільшенням висоти зубців диска тяговий опір комбінованого сошникового вузла зменшується за оберненою залежністю. Це пояснюється результатами автокореляційного та спектрального аналізу процесу вібраційної взаємодії з ґрунтом досліджуваного сошникового вузла на пружній підвісці з теоретично обґрунтованою жорсткістю: із збільшенням висоти зубців диска, що розрізає, зростає вплив періодизованої складової коливань. При цьому максимум амплітуд коливань тягового опору зміщується з низьких частот (0,5...2,5) на більш високі частоти (4,5...5 Гц), а амплітуди складових тягового опору зменшуються, особливо на частотах від 0,5 до 4 Гц, що свідчить про стабілізацію процесу роботи сошникового вузла.

5 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЙ ТА АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ СТВОРЕНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

Для технологічних досліджень роботи макетів висівних апаратів різних конструкцій у НВО «Селта» в 2000 р. було створено спеціальний стенд. За результатами досліджень запропоновано конструкції висівних машин СНСК-6, СНС-16А, СНС-16АМ, СНС-16АП, розроблені сівали СС-16, ССК-6, СЦН-10 та вдосконалена конструкція фрези навісної для суцільного передпосівного обробітку ґрунту ФНС-1,5А.

Модернізовано до сівалок базові та розроблено нові висівні робочі органи: сошник для смугового висіву зернових культур, дводисковий комбінований сошник, сошник культиваторного типу для розкидного висіву насіння, універсальний сошниковий вузол для селекційних сівалок.

Створено 9 найменувань технічних засобів та робочих органів для механізації селекційно-насінницької роботи у рослинництві, пов'язаної із основною її операцією – сівбою зернобобових культур. Зокрема, нові технічні рішення проходили відомчі польові дослідження та рекомендовані до серійного виробництва за заявками селекційних центрів.

5.1 Конструктивно-технологічні характеристики селекційної та селекційно-насінницької сівалок

5.1.1 Сівалка навісна селекційна касетна СНСК-6

Розроблені ТЗ і конструкторська документація на сівалку навісну селекційну касетну СНСК-6 [245], (додатки Ж,Р), призначену для проведення робіт на другому і третьому етапах селекційних робіт з апаратами автономного і центрального розподілу, які є уніфікованими з базовою рамою сівалки СЦН-10 та навісну селекційно-насінницьку сівалку СНС-16АП для сортовипробувань за технологіями mini-till і no-till. Документацію було розроблено відповідно до Національної програми

виробництва технологічних комплексів машин і устаткування для сільського господарства, харчової і переробної промисловості, Програми виробництва технологічних комплексів машин та обладнання для агропромислового комплексу на 1998–2005рр, затверджених Кабінетом Міністрів України у рамках науково-технічних тем: «Розробити технічні засоби механізації і автоматизації селекційно-насінницьких процесів в рослинництві загального призначення» (ДР № 0107U006142, 2007–2009 рр.); «Розробити технічні засоби для механізації процесів у селекції і насінництві» (ДР № 0111U003627, 2011–2013 рр.).

Розгляд конструкцій селекційних сівалок дав змогу сформулювати їх основні особливості. До цих особливостей відносяться:

- придатність для всіх видів посівного матеріалу (від дрібного насіння до великого);
- модульна конструкція, що дає можливість гнучко пристосовуватися до різних умов висіву (наприклад, сівалки серії Rowseed можна застосовувати для різних схем висіву та етапів селекційних робіт);
- у конструкції сівалки застосовується велика різноманітність висівних апаратів – касетний стіл, конічний і ротаційний дозатори;
- можливість зміни ширини міжрядь;
- можливість зміни ширини захвату;
- різні типи сівалок, як самохідні, так і навісні;
- комплектуються різним набором сошників (анкерні, одно-дискові, дводискові), що дають змогу виконувати висів насіння за різних ґрунтово-кліматичних умов;
- можливість виконувати, окрім сівби, також інші види операцій (внесення добрив, обприскування);
- підвищені вимоги до якості контролю, точності регулювання норм висіву. Сівалки забезпечені двома видами електронних систем управління – PDS-E (дозування посівного матеріалу) і GSC (об'єднує всі функції висіву, здійснюючи високу точність розподілу і висіву насіння);

- сівалки прості в обслуговуванні, універсальні у переналагодженні і точності регулювань.

Конструкція селекційної сівалки, що розроблена, має переважну більшість цих особливостей.

Схему сівалки наведено на рис.рис. 5.1. 9, .

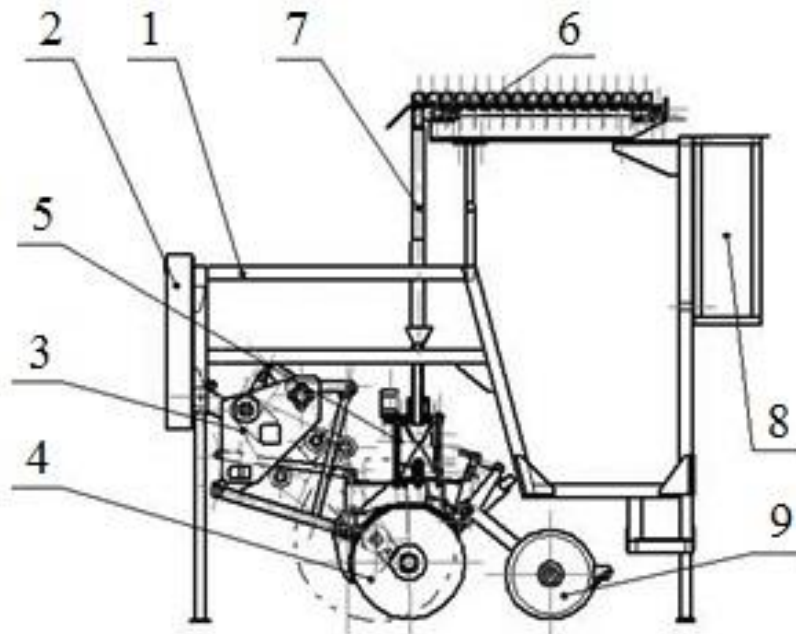


Рис. 5.1. Схема сівалки селекційної навісної ЧНСК-6:

1– рама, 2– пристрій навішування на трактор, 3– брус, 4– сошники, 5– висівний апарат, 6– стіл касетний, 7– насіннепроводи, 8– ящик для касет, 9 – прикочувальні котки

Рама 1 призначена для кріплення всіх частин сівалки і має замок автозчеплення 2, майданчик для оператора і контейнер 8 для касет з насінням (рис.5.1).

Сошники 4 закріплені на сошниковому брусі 3 рами і мають змогу регулювати висоту рами за допомогою гвинтового механізму. Відстань між сусідніми сошниками також може регулюватися переміщенням їх по сошниковому брусі.

Конструкцією сівалки передбачена можливість використання дводискових, анкерних, кілеподібних сошників, а також комбінованих дводисково-анкерних сошникових вузлів.

Котки 9, що прикочують, застосовуються при використанні дводисково-анкерних сошників. Вони шарнірно кріпляться до корпусів сошників і мають можливість регулювання сошників.

При кілеподібних або анкерних сошників замість прикочуючих котків застосовуються ланцюгові шлейфи, які додаються до сівалки.

Висівний апарат 5 (рис. 5.1) складається із шести окремих висівних апаратів конусного типу із завантажувальними циліндрами. Привід усіх висівних апаратів – від спільного вала через конічні передачі.

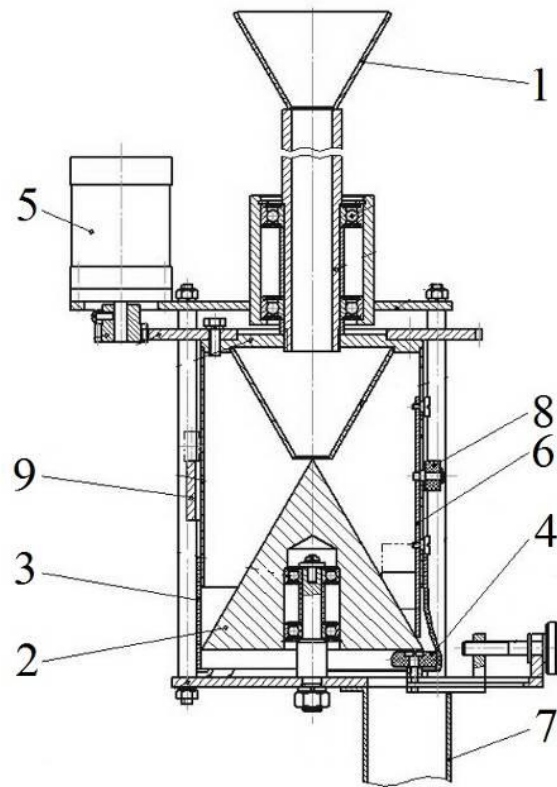


Рис. 5.2. Схема висівного апарату сівалки ШСК-6:

1 – лійка; 2 – конус; 3 – еластична спідниця; 4 – відвідний ролик; 5 – кроковий електродвигун; 6 – заслінка; 7 – насінневідвідний канал; 8 – ролик заслінки; 9 – копір

Працює висівний апарат у наступній послідовності. При нерухомому стані механізму в лійку 1 висипається порція насіння із центру касети. Насіння рівномірно розподіляється між конусом 2 та еластичною спідницею 3, а в тому місці, де ролик 4 відсуває край спідниці 3 – від конуса на край заслінки, що примикає до твірної конуса. При надходженні сигналу початку висіву синхронно з рухом сівалки починає обертатися електродвигун 5, надаючи рух механізму висівного апарату. Разом з корпусом відходить і заслінка 6, відкриваючи зазор між конусом 2 та еластичною спідницею 3, у який починає висипатися насіння в насінневідвідний канал 7. Пройшовши частину шляху, ролик 8 заслінки 6 починає взаємодіяти з копіром 9, піднімає заслінку 6, і насіння потрапляє нижче. Після цього ролик 8 сходить із копіра і заслінка приймає початкове положення. Висівний апарат, механізм якого зробив повний оберт, приходить у початкове положення і зупиняється, чекаючи наступного сигналу початку висіву подальшої порції насіння.

При проектуванні конструкції сівалки були використані технічні рішення, захищені патентами України №№ 55778, 88696, 93837, 107439 у співавторстві з дисертантом.

5.1.2 Сівалка навісна селекційно-насінницька СНС-16АП

Розроблено ТЗ і конструкторську документацію на сівалку навісну селекційно-насінницьку СНС-16АП для сортовипробувань за технологіями mini-till і no-till. Документацію було розроблено відповідно до Національної програми виробництва технологічних комплексів машин і устаткування для сільського господарства, харчової і переробної промисловості, Програми виробництва технологічних комплексів машин та обладнання для агропромислового комплексу на 1998–2005 рр., затверджених Кабінетом Міністрів України у рамках науково-технічних тем: «Розробити технічні засоби механізації і автоматизації селекційно-насінницьких процесів в рослинництві загального призначення» (ДР № 0107U006142, 2007-2009 рр.);

«Обґрунтувати конструкційно-технологічні параметри робочих органів і машин для обробітку ґрунту та сівби зернових культур в умовах АР Крим» (ДР № 0111U003627, 2011–2013 рр.); «Розробити технічні засоби для механізації процесів у селекції і насінництві» (ДР № 0111U003625, 2011–2013 рр.); «Обґрунтувати, розробити та дослідити конструкції пристосування до зернової сівалки та дискового культиватора для енергоощадних технологій обробітку ґрунту та сівби» (ДР № 0114U00368, 2014 р.).

Розширення технологічних можливостей селекційно-насінницьких сівалок, підвищення їх ефективності модернізацією конструкції висівного апарату шляхом застосування універсального сошникового вузла з більш високими показниками по висіву насіння на ділянках за енергоощадними технологіями сівби за системами mini-till, strip-till і no-till.

Сівалка навісна селекційно-насінницька, яка укомплектовується залежно від вибраної технології відповідно до спеціальних сошників, розширює технологічні можливості за рахунок застосування універсального сошникового вузла, попереду якого встановлений зубчастий ніж, закріплений на порожнистій квадратній балці. Зубчастий ніж, що розрізає ґрунт, з'єднаний з порожнистою квадратною балкою сівалки за допомогою пластинчастих пружинних навісок, а сошниковий вузол оснащений важільно-пружинним механізмом, змонтованим між корпусом сошника і зубчастим диском з подальшим забезпеченням рівної величини заглиблення диска.

Технічні рішення, насамперед, дають змогу здійснювати висів у мінімально оброблений мульчований рослинними рештками ґрунт завдяки використанню віброефекта для зменшення натискного зусилля для висіву насіння на задану глибину та тягового опору сівалки. Крім того, ніж, що розрізає ґрунт, має 4 зубці на площину входження у ґрунт на глибину 0,08 м.

Схема селекційно-насінницької навісної сівалки для енергоощадних технологій показана на рис. 5.3.

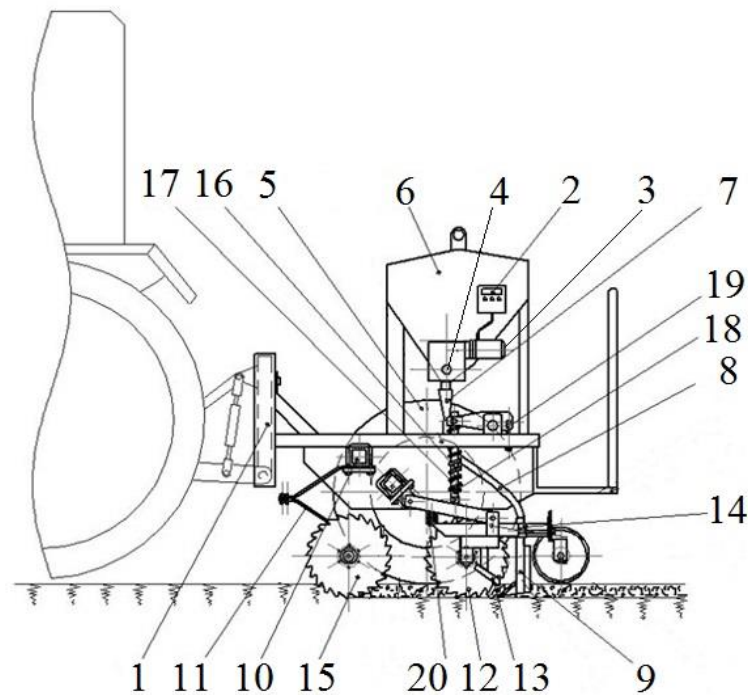


Рис. 5.3 Схема селекційно-насінницької сівалки для енергозберігаючих технологій:

1 – пристрій зчеплення; 2 – МБУ; 3 – мотор-редуктор; 4 – ВВА; 5 – опорно-привідне колесо; 6 – бункер; 7 – воронка; 8 – насіннепровід; 9 – сошник; 10 – балка; 11 – пластинчато-пружинна підвіска; 12 – зубчастий диск сошника; 13 – чистик; 14 – корпус; 15 – зубчасті ножі; 16 – штанга; 17 – натискна пружина; 18,19 – регулятори притискного зусилля; 20 – пружина автоколивань

Працює розроблена сівалка таким чином: за допомогою замка автоматичного зчеплення 1 і гідравлічної системи трактора вона встановлюється на стартову позицію. На клавіатурі МБУ 2 задається необхідне передаточне число, що індицюється на табло МБУ для виконання приводу мотор-редуктором 3 вала з котушковими висівними апаратами 4, робочий режим якого підтримується автоматично при зміні сигналу від датчика пройденого шляху, що установлений на зірочці ланцюгової передачі від опорно-приводного колеса 5. Зерно з бункера сівалки 6 поступає на котушкові висівні апарати і через воронку 7 і насіннепроводи 8 в анкерні (для технологій без попереднього обробітку ґрунту) чи стрілоподібні (для

технологій сівби в ґрунт з оранкою і з мінімальним обробітком ґрунту) сошники 9 сошникових вузлів, розташованих у два ряди. Зерно висівається в залежно від вибраної технології у підготовлений ґрунт за традиційною технологією, в ґрунт з мінімальним обробітком і без попереднього обробітку на задану глибину на щільне насінневе ложе і прикочується котком завдяки тому, що на спеціальній балці сівалки 10 попереду сошникових вузлів на пластинчато-пружинній підвісці 11 встановлені зубчасті ножі, що розрізають, а в прорізі ґрунту, що вони створюють, направляються зубчасті диски 1 сошникових вузлів з анкерними 3 чи стріловидними сошниками. Зубчасті диски 12 встановлені під кутом 4–6 градусів відносно напрямку руху, що зменшує опір ґрунту при впровадженні диску на глибину обробітку і оснащені чистиками 13, прикріпленими до корпусу сошникового вузла 14. Зубчасті ножі, що розрізають ґрунт, зменшують тяговий опір та притискне зусилля відносно поширених для застосування в сівалках для енергоощадних технологій турбодисків, рифлених та хвилястих дисків [7], з більшою площею входження у ґрунт. Притискне зусилля зубчастих ножів 15, що розрізають ґрунт, стабільне за рахунок використання пластинчастих пружинних підвісок 11 і регулюється їх параметрами та технічними характеристиками трактора для агрегування сівалки. Притискне зусилля сошникового вузла регулюється важільно-пружинним механізмом 16, 17, 18, 19 з індивідуальним 18 і загальним 19 регуляторами притискного зусилля і залежить від діаметра і довжини пружини 9, технічних характеристик трактора для агрегування сівалки.

Використання послідовно розташованих зубчастого ножа 15, що розрізає ґрунт, та зубчастого диска 12 сошникового вузла, встановленого під кутом 4–6 градусів, пластинчато-пружинних підвісок 11 для розрізаючих ножів, важільно-пружинних механізмів 16, 17, 18, 19 для сошникових вузлів та пружинного механізму автоколивачів 20 дають змогу за рахунок віброефекта зменшувати енергоємність сівалки при сівбі за енергозберігаючими технологіями.

Глибина ходу сошника регулюється за допомогою механізму регулювання положення прикочувального котка 5 по пазах вертикальних планок встановленого на кронштейні на задньому торці корпусу 4 сошникового вузла.

Таким чином, підвищено ступінь уніфікації сівалок навісних селекційно-насінницьких, що забезпечує можливість додаткового використання їх як посівних машин прямого висіву при здійсненні технологій мінімального і нульового обробітку ґрунту без кардинальної зміни базової конструкції сівалки.

Підтвердження працездатності, дотримання агротехнічних вимог, визначення тягового опору та впливу на нього віброефекта, від застосованих при дослідженнях запропонованих у сівалці СНС-16АП технічних рішень здійснювалось на експериментальних зразках сошникових вузлів з зубчастими дисками, що розрізають ґрунт, на спеціально підготовленому обладнанні в лабораторних умовах ґрунтового каналу ПФ НУБіП України «КАТУ» (с. Аграрне, м. Сімферополь) та польовими випробуваннями в господарчих умовах ТОВ «Плодородіє» в с. П'ятихатки Красногвардійського району АР Крим (рис. 5.4).



Рис. 5.4. Загальний вигляд сошникового вузла для селекційних сівалок при польовій апробації

Сошниковий вузол із зубчастим розрізаючим диском і анкером стало працював на обробленому і необробленому полях з вмістом рослинних решток у поверхневому шарі до 480 г/м². Рослинні рештки на дні борозенки, що створювалась, були відсутніми. Ширина смуги деформованого ґрунту не перевищувала 0,025 м.

Твердість ґрунту визначалась за допомогою твердоміра Ревякіна Ю.Ю. у польових умовах. У процесі роботи приладу по обробленому ґрунті встановлювали плунжер діаметром 0,02 м, на необробленому - діаметром 0,016 м. Дії штока зазнавав тільки верхній горизонт в інтервалі 0,08 м, що визначався глибиною загортання насіння. Повторність вимірювань на фоні - 3. Вологість ґрунту розраховувалась за стандартною методикою і не перевищувала в першому випадку 7-8%, а в другому 10-15%. Отримані значення твердості при поверхневому обробітку – 0,85 МПа, по стерні – 1,7 МПа. Шарнірне кріплення рамки опорно-прикочувального пристрою сошникового вузла знижує вантаж на деталі механізму підйому, зменшує габаритні розміри сошникового вузла.

Використання послідовно розташованих зубчастого ножа, що розрізає ґрунт, та сошникового вузла із зубчастим диском, анкерним чи стрілоподібним сошником, а також пластинчасто-пружинних підвісок для ножів, пружинно-натискного механізму для сошникових вузлів та пружинного механізму автоколивачів дають змогу за рахунок віброефекта зменшувати енергоємність сівалки при сівбі за енергоощадними технологіями. Вказані технічні рішення можуть бути використані у сівалці навісній селекційно-насінницькій для висіву в необроблений і мінімально оброблений ґрунт (mini-till, no-till і strip-till).

Технічні рішення обумовлюють сумісність пристрою із зубчастими ножами, що розрізають ґрунт, на додатково встановленій порожнистій квадратній балці рами сівалки та сошникових вузлів із зубчастими дисками, сошниками та котками, що прикочують, з базовою, частково підсиленою рамою сівалки без зміни її основної конструкції.

При проектування конструкції сівалки були використані технічні рішення, захищені патентами України №№ 55609, 55778, 58026, 70654, 73919, 93837, 106315 у співавторстві з дисертантом та № 10775 дисертантом одноосібно (додаток Ж).

5.1.3 Фреза навісна для суцільного обробітку ґрунту ФНС-1,5А

У процесі підготовки ґрунту під сівбу виникає необхідність обробляти вологі, засмічені рослинними рештками ділянки ґрунту. Фрезерні машини, за допомогою яких можна підготувати ґрунт за один прохід, у даних умовах непрацездатні. Барабани фрез навісних, як ФНС-1,5 [23], призначених для суцільного обробітку ґрунту на 1–3 етапах селекційно-насінницьких робіт з різними сільськогосподарськими культурами, так і фрез загального призначення, звичайно комплектуються ножами, що відігнуті під кутом 90° . При фрезеруванні вологого і засміченого ґрунту рослинні рештки зависають на відігнутих частинах ножів і намотуються на барабан, що призводить до втрати працездатності машини.

Встановлено, що на легко відігнутих і прямих ножах фрезерних барабанів зависання рослинних решток не спостерігається, оскільки як дії відцентрових сил достатньо для евакуації їх з поверхні ножів.

З урахуванням цієї обставини нами модернізовано навісну фрезу ФНС-1,5 (рис. 5.5, 5.6) з метою використання її при обробітку засмічених ділянок, а також стерні зернових культур за несприятливих кліматичних умов вологої осені (розд.2.5, 2.8).

Конструктивні зміни модернізованої фрези (ФНС-1,5А) полягають у наступному. З барабана дисків знімаються штатні Г-подібні робочі органи з кутом відгину 90° і замінюються на легко відігнуті на кінцях ножі, при чому кут відгину не перевищує 45° . З рами фрези демонтуються і до несучого бруса рами скобами прикріплюється підрамник, у кронштейни якого встановлюються культиваторні робочі органи зі стрілчастими лапами 9

таким чином, що носик лапи при роботі фрези знаходиться в канавці, що прорізається в шарі ґрунту ножами, укріпленими на з'єднанні диска.

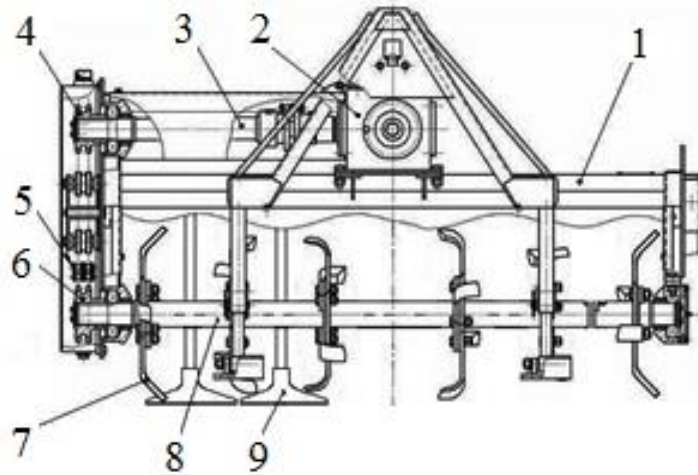


Рис. 5.5 Схема модернізованої фрези з комбінованими робочими органами:

1 – рама; 2 –редуктор конічний; 3 – вал карданний, 4,5 і 6 – зірочки; 7 – ніж; 8 – вал фрезерного барабану; 9 – лапа

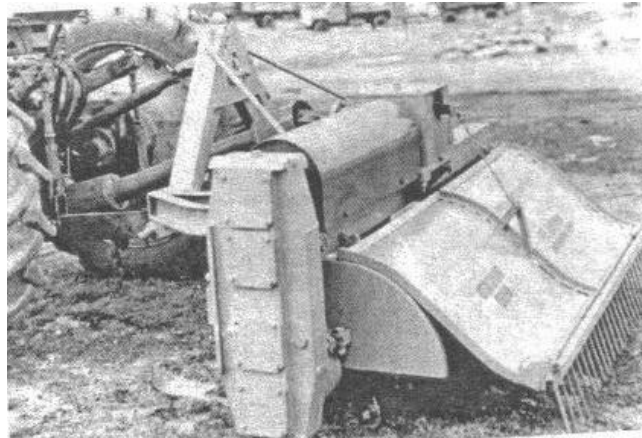


Рис. 5.6 Загальний вигляд фрези ФНС-1,5А

Працює фреза таким чином. При русі агрегата барабан з ножами 7 обертаючись прорізає в ґрунті канавки. Культиваторні робочі органи лапами 9 рухаючись вслід зрізують бугорки ґрунту, що знаходяться між прорізними канавками і створюють гладке плоске ґрунтове дно, зручне для послідуєчого посіву насіння.

Потужність фрезерування з комбінованими робочими органами зменшується на 19,5%. Оптимальну кількість односторонніх ножів на диск

барабана необхідно збільшити до трьох з точки зору збереження агротехнічного допуску при підвищеній робочій швидкості агрегата.

Дослідженнями встановлено, що більша частина зусилля опору ґрунту культиваторній лапі, що рухається, сприймається її носиком, тому попереднє прорізання в необробленому ґрунті значно знижує навантаження на культиваторний робочий орган, а також на агрегат в цілому. Експериментальними агротехнологічними дослідженнями зразків робочих органів, проведеними в ґрунтовому каналі, підтверджена їх працездатність.

5.2 Апробація та впровадження результатів досліджень

5.2.1 Стенд для досліджень висівних апаратів

Стенд для досліджень висівних апаратів було розроблено на виконання завдання науково-технічної теми: «Розробити і дослідити систему автоматичного управління висівом насіння для селекційних сівалок» (ДР № 0105U004806, 2003–2006 рр.) відповідно до Національної програми виробництва технологічних комплексів машин і устаткування для сільського господарства, харчової і переробної промисловості, затвердженої Кабінетом Міністрів України (Постанова № 536 від 16.09.1992 р.); Програми виробництва технологічних комплексів машин та обладнання для агропромислового комплексу на 1998–2005рр., затвердженої Кабінетом Міністрів України (Постанова № 403 від 30.03.1998 р.) у зв'язку з необхідністю модернізації типажу наявних в організаціях підвідомчих НААН селекційних сівалок та постановки їх на виробництво. Його було створено НВО «Селта» (м. Сімферополь) з використанням результатів досліджень, отриманих дисертантом, та за його участі.

Конструкція стенда включає висівний апарат селекційно-насінницької сівалки СН-16, у якому замість механічного приводу висівних апаратів від приводного колеса сівалки через коробку передач змонтовано електропривід (вивчалися кроковий і колекторний електродвигуни) з управлінням

передаточним відношенням від імітатора колеса сівалки за допомогою мікропроцесорного блока управління та записом показників роботи на персональний комп'ютер (рис. 5.7).

У конструкції станда було використано технічні рішення, захищені патентами України №№ 55778, 68031 (додаток Ж) у співавторстві з дисертантом.

На його базі було створено макети системи автоматичного управління висівом насіння для модернізації селекційно-насінницької сівалки для відпрацювання параметрів і режимів роботи.



Рис. 5.7. Фрагмент станда для досліджень режимів роботи висівних апаратів

5.2.2 Сівалка навісна селекційно-насінницька СНС-16А

Сівалку селекційно-насінницьку СНС-16А було розроблено на виконання завдання до Національної програми виробництва технологічних комплексів машин і устаткування для сільського господарства, харчової і переробної промисловості, Програми виробництва технологічних комплексів машин та обладнання для агропромислового комплексу на 1998–2005 рр, затверджених Кабінетом Міністрів України у рамках науково-технічних тем: «Розробити і дослідити систему автоматичного управління висівом насіння

для селекційних сівалок» (ДР № 0105U004806, 2003–2006рр.), «Розробити технічні засоби механізації і автоматизації селекційно-насінницьких процесів в рослинництві загального призначення» (ДР № 0107U006142, 2007–2009 рр.). Конструктивно-технологічні параметри розробленої системи автоматичного управління висівом насіння із застосуванням електроприводу висівних апаратів котушкового типу у селекційно-насінницьких сівалках були відпрацьовані у лабораторних та польових умовах. Виробнича апробація технічних рішень проходила в умовах Генічеської дослідної станції Інституту зернових культур степової зони НААН на селекційно-насінницькій сівалці СС-16 виробництва НВО «Селта» і показала сталість виконання технологічного процесу (акт досліджень, додаток З). Розроблено технічне завдання та рекомендовано для підготовки сівалки СС-16 для виробництва.

Конструкція селекційно-насінницької сівалки СНС-16А із системою автоматичного управління висівом насіння [341] впроваджена в ННЦ «Інститут землеробства НААН» (рис. 5.8-5.10). Річний економічний ефект становить 0,4–0,8 тис. грн/га (додаток Н). У конструкції машини було використано технічне рішення, захищено патентом України № 55609 у співавторстві з дисертантом (додаток Г).



Рис. 5.8. Загальний вигляд сівалки навісної селекційно-насінницької СНС-16А

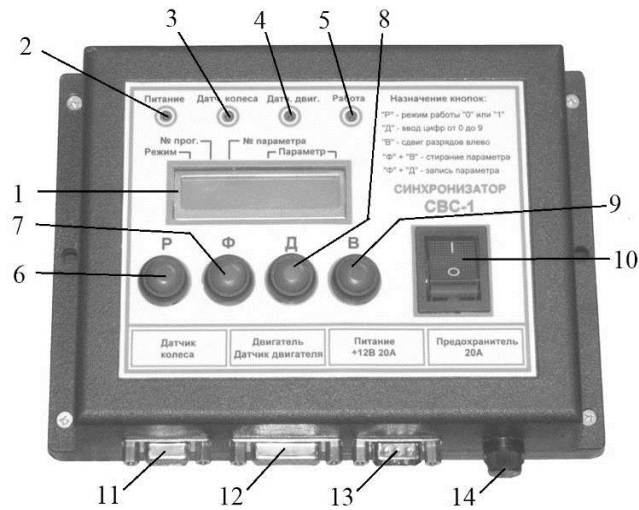


Рис. 5.9. Загальний вигляд блоку управління системи автоматичного регулювання висівом насіння СФС-1 сівалки СНС-16А:

1 – індикатор на десять розрядів; 2 – світлодіод для індикації подачі живлення; 3 – світлодіод для індикації роботи датчика колеса; 4 – світлодіод для індикації роботи датчика колеса; 5 – світлодіод для індикації роботи синхронізатора; 6 – кнопка «Р» для перемикання режимів роботи; 7 – кнопка «Ф» для розширення функцій кнопок; 8 – кнопка «Д» для вводу цифр; 9 – кнопка «В» для здвигу розрядів; 10 – вимикач блока управління; 11 – роз’єм для підключення датчика колеса; 12 – роз’єм для підключення мотор-редуктора з датчиком; 13 – роз’єм для підключення живлення 12 В; 14 – запобіжник на 20 А



а

б

Рис. 5.10 Загальний вигляд: *а* – мотор-редуктора, *б* – датчика обертів приводного колеса системи автоматичного регулювання висівом насіння СФС-1 для сівалки СНС-16А

5.2.3 Дводисково-анкерні сошникові вузли для селекційних і селекційно-насінницьких сівалок

Дводисково-анкерні сошники для селекційних і селекційно-насінницьких сівалок було розроблено відповідно до Національної програми виробництва технологічних комплексів машин і устаткування для сільського господарства, харчової і переробної промисловості, Програми виробництва технологічних комплексів машин та обладнання для агропромислового комплексу на 1998–2005 рр., затверджених Кабінетом Міністрів України у рамках науково-технічних тем: «Розробити технічні засоби механізації і автоматизації селекційно-насінницьких процесів в рослинництві загального призначення» (ДР № 0107U006142, 2007–2009 рр.); «Обґрунтувати конструкційно-технологічні параметри робочих органів і машин для обробітку ґрунту та сівби зернових культур в умовах АР Крим» (ДР № 0111U003627, 2011–2013 рр.); «Розробити технічні засоби для механізації процесів у селекції і насінництві» (ДР №0111U003625, 2011–2013 рр.); «Обґрунтувати розробити та дослідити конструкції пристосування до зернової сівалки та дискового культиватора для енергоощадних технологій обробітку ґрунту та сівби» (ДР № 0114U00368, 2014 р.).

Технічні рішення, які захищені патентами України №№ 88696, 93837 у співавторстві з дисертантом, включені в технічне завдання на розробку конструкції селекційної сівалки для третього етапу селекційних робіт СЦН-10 [39, 251, 252], яка пройшла відомчі приймальні випробування та впроваджена у виробництво в Селекційно-генетичному інституті – Національному центрі насіннезнавства та сортовивчення. Конструкція сівалки включала комбіновані дводисково-анкерні вузли для підвищення рівномірності висіву насінневого матеріалу по глибині при зміні швидкості посівного агрегату і наявності рослинних решток (рис. 5.11-5.12).



Рис. 5.11. Загальний вигляд сівалки селекційної СЦН-10 (вигляд збоку)



Рис. 5.12. Загальний вигляд сівалки селекційної СЦН-10 у транспортному положенні

Сівалка СЦН-10 забезпечує підвищення рівномірності глибини закладення насіння шляхом унеможливлення підйому нижньої частини наральника на висоту, що не перевищує величину агротехнічного допуску Δ_{agr} . При середній врожайності насіннєвого зерна озимої пшениці 4,5 т/га приріст урожаю становив 5–7% при використанні для сівби комбінованих дводискових сошників за рахунок підвищення схожості порівняно з висівом стандартними дводисковими сошниками, що в грошовому виразі на 2013 р. склало 650–900 грн/га (додаток Д).

Випробування комбінованих дводисково-анкерних сошників проведено під час програмних посівів проса з 15 квітня по 15 травня 2014 р. в Інституті

зрошеного землеробства НААН (м. Херсон, сел. Наддніпрянське) разом з Південно-Українською філією УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого (м. Херсон, сел. Жовтневе) відповідно до Договору про творчу співпрацю між НВО «Селта» ННЦ «ІМЕСГ» та ІЗЗ НААН та ПФ УкрНДІПВТ у польовій зерно-просапній сівозміні на темно-каштановому середньосуглинковому ґрунті. Було проведено порівняльне визначення глибини загортання насіння проса при використанні сошників різної конструкції і оцінювання їх впливу на рівномірність отримання сходів і розвитку рослин. Завдяки обладнанню дводискових сошників додатково сошниками анкерного типу комбінований дводисково-анкерний сошник унеможливорює інерційність виносу насіння за межі агротехнічного допуску на підвищених швидкостях сівби та прикочуючими коточками, встановленими з можливістю регулювання свого положення. Встановлено істотні переваги сошників з новими технічними рішеннями. Економічний ефект у грошовому виразі може становити від 300 до 900 грн/га (у цінах 2014 р., додаток В) порівняно з висівом стандартними дводисковими сошниками залежно від насіння, що висівається.

Розроблений сошниковий вузол уніфікований з базовими конструкціями касетних селекційних сівалок автономного висіву для другого етапу селекційних робіт сімейства СКС (СКС-6-10; СКС-6А; ССК-6), з конструкціями сівалок з апаратами центрального розподілу для третього етапу СН-10Ц, СН-10Ц(К), а також з конструкціями навісних селекційно-насінницьких сівалок для четвертого етапу сімейства СН (СН-16П; СН-16ПМ; СС-16; СНС-16А).

5.2.4 Сошник культиваторного типу для смугового висіву насіння

Сошник культиваторного типу для розкидного висіву насіння було розроблено відповідно до Національної програми виробництва технологічних комплексів машин і устаткування для сільського господарства, харчової і переробної промисловості, Програми виробництва технологічних комплексів

машин та обладнання для агропромислового комплексу на 1998–2005 рр., затверджених Кабінетом Міністрів України у рамках науково-технічних тем: «Обґрунтувати конструкційно-технологічні параметри робочих органів і машин для обробітку ґрунту та сівби зернових культур в умовах АР Крим» (ДР № 0111U003627, 2011–2013 рр.); «Розробити технічні засоби для механізації процесів у селекції і насінництві» (ДР № 0111U003625, 2011–2013 рр.); «Обґрунтувати, розробити та дослідити конструкції пристосування до зернової сівалки та дискового культиватора для енергоощадних технологій обробітку ґрунту та сівби» (ДР № 0114U00368, 2014 р.).

До рядової зернової сівалки СЗ-3,6А було розроблено пристрій, який включав 16 висівних робочих органів з лаповим сошником культиваторного типу з роликком-розсіювачем для сівби в попередньо оброблений ґрунт, мульчований пожнивними рештками, що дало змогу досягнути агротехнологічних вимог. У конструкції було використано технічне рішення, яке захищено патентом України № 73919 у співавторстві з дисертантом.

Розроблений пристрій до сівалки СЗ-3,6 дає можливість в польових умовах виконувати заміну дискових сошників на лапові. Робочий процес сівалки аналогічний робочому процесу сівалки з дисковими сошниками. У польових дослідженнях переобладнаною сівалкою проведено висів ячменю ярого за технологією mini-till з трьома видами попереднього поверхневого обробітку ґрунту в Інституті зрошуваного землеробства НААН. Отримано підвищення врожайності порівняно з базовими дисковими сошниками. Річний економічний ефект становить 0,9-1,2 тис. грн/га (у цінах 2013 р.) (додаток Е).

Загальний вигляд сівалки СЗ-3,6А з підсиленою рамою і пристроєм для модернізації висівного апарату заміною дискових сошників на лапові наведено на рис. 5.13 і фрагмента пристрою на рис. 5.14.



Рис. 5.13. Загальний вигляд модернізованої сівалки СЗ-3,6А для технології mini-till



Рис. 5.14. Загальний вигляд фрагмента пристосування з лаповими сошниками культиваторного типу до сівалки СЗ-3,6А для технології mini-till

За результатами досліджень для прискорення впровадження енергоощадних технологій підготовлено розглянуті та затвержені рекомендації з удосконалення сошникових вузлів сівалок модельного ряду СЗ-3,6 та запропоновано доукомплектувати сівалки сошниковим вузлом, який залежно від обраної технології здійснює декілька технологічних операцій: висів насіння в поверхнево оброблений ґрунт (mini-till), висів насіння в необроблений ґрунт (no-till), висів насіння в оброблений ґрунт (традиційна технологія), підживлення насіння добривами.

Дослідженнями встановлено доцільність напряму модернізації селекційно-насінницьких сівалок сімейства СН-16 для забезпечення

ідентичності умов при проведенні сортовипробувань при сівбі зернових культур у насінництві за технологіями з мінімальним обробітком ґрунту.

5.3 Відомості про публікації та апробацію результатів досліджень

За матеріалами досліджень Основні результати досліджень за темою дисертації викладено у 59 опублікованих роботах, у тому числі в монографії, 46 статтях і тезах (9—одноосібно), підготовлено 8 депонованих наукових звітів та отримано 12 патентів України на винаходи (1—одноосібно).

Матеріали дисертації обговорювались на науково-технічних конференціях: міжнародній науково-технічній конференції до 30-річчя кафедри «Автоматизації виробничих процесів» КДТУ «Автоматика і комп'ютерні технології у виробництві і АПК» (м. Кіровоград, 2002 р.); міжнародній науково-технічній конференції до 70-річчя кафедри «Сільськогосподарські машини» ТДАТА (м. Мелітополь, ТДАТА, 2004 р.); міжнародних науково-технічних конференціях ПФ НУБіП України «КАТУ» (м. Сімферополь, ПФ НУБіП України «КАТУ», 2008 – 2014 рр.); міжнародних XVIII, XIX, XXI та XXII науково-технічних конференціях «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» та V, VI, VIII, IX Всеукраїнських конференціях-семінарах аспірантів, докторантів та здобувачів у галузі аграрної інженерії (сmt Глеваха, ННЦ «ІМЕСГ», 2010, 2011, 2013-2016рр.); міжнародній конференції Північних країн «От полевого експеримента – к созданию устойчивых агроэкосистем в изменяющемся мире: методология, инструментарий, реализация» (м. Санкт-Петербург, СПбДАУ, 2010 р.); міжнародній науково-практичній конференції «Моделювання процесів в АПК» (м. Мелітополь, ТДАТУ, 2010 р.); міжнародній науково-технічній конференції до 60-річчя заснування енергетичного факультету «Проблеми енергетики і прикладної біофізики в АПК» (м. Мелітополь, ТДАТУ, 2012 р.); міжнародних науково-технічних конференціях «Сучасні проблеми землеробської механіки», присвячених 113

і 116-й річницям від дня народження академіка П.М. Василенка (сmt Глеваха, ННЦ «ІМЕСГ», 2013 р.; м.Суми, СНАУ, 2016 р.); міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки» (м. Кіровоград, КНТУ. 2013–2015 рр.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Проблеми енергоресурсозбереження в промисловому регіоні. Наука і практика» (м. Маріуполь, ДВНЗ «ПДТУ», 2015–2016 рр.); міжнародній конференції „Conserving Soils and Water 2016” (м. Бургас, Болгарія, 2016р.).

5.4 До розрахунку економічної ефективності створених технічних засобів

Структурна схема показників до $P = 5$ (п'ятого рівня з урахуванням актуальних агротехнологічних вимог) для визначення ефективності засобів механізації селекційно-насінницьких процесів (рис. 5.15) зумовлює пошук нових технічних рішень робочих органів та конструкцій.

Економічний ефект від нової техніки – це сумарна економія всіх виробничих ресурсів (живої праці, матеріалів, капітальних вкладень), яку отримує народне господарство в результаті виробництва і використання нової техніки і контролю. В кінцевому рахунку – це збільшення національного доходу. Визначення економічного ефекту ґрунтується на порівнянні приведених затрат по базовій і новій техніці. Приведені затрати являють собою повну народногосподарську собівартість нової техніки і прямо пропорційні собівартості одиниці продукції, капітальним вкладенням у виробничі фонди на одиницю продукції і нормативному коефіцієнту капітальних вкладень [154]:

$$Z = C + E_n K, \quad (5.1)$$

де Z – приведені затрати одиниці продукції (роботи), грн. ; C – собівартість одиниці продукції продукції (роботи), грн; K – капітальні вкладення у

виробничі фонди на одиницю продукції, грн; E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

Для розрахунку частки економічного ефекту, що є наслідком використання нової техніки від впровадження науково-дослідної роботи (виведення нового сорту, обґрунтування нового агроприйому), при виконанні якої використовувалась нова техніка була запропонована формула [154]:

$$E_d = E_c m_n m_o, \quad (5.2)$$

де E_c – ефект від впровадження нового сорту чи агроприйому; m_n – коефіцієнт, що враховує частку науково-дослідної організації в ефекті від впровадження науково-дослідної роботи; m_o – коефіцієнт, що враховує частку ефекту, що припадає на операцію (підготовки ґрунту; висіву, внесення біологічно активних речовин; збору врожаю; післязбирального обробітку), яка виконується з використанням нової техніки, в частині ефекту, що припадає на науково-дослідну організацію, який для зернових культур визначається експертним шляхом з побудовою структурної схеми економічної ефективності.

Для створення економічно-доцільних конкурентоспроможних машин для зазначеного напрямку на етапах формування планів науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт (у процесі вибору варіанта створення нової техніки) при узгодженні рішень про постановку на виробництво нової техніки приймалися показники кращої спроектованої раніше чи придбаної селекцентами закордонної техніки, а на етапі впровадження нової техніки, в тому числі і для прогресивних технологій – показники техніки, що замінювалась.

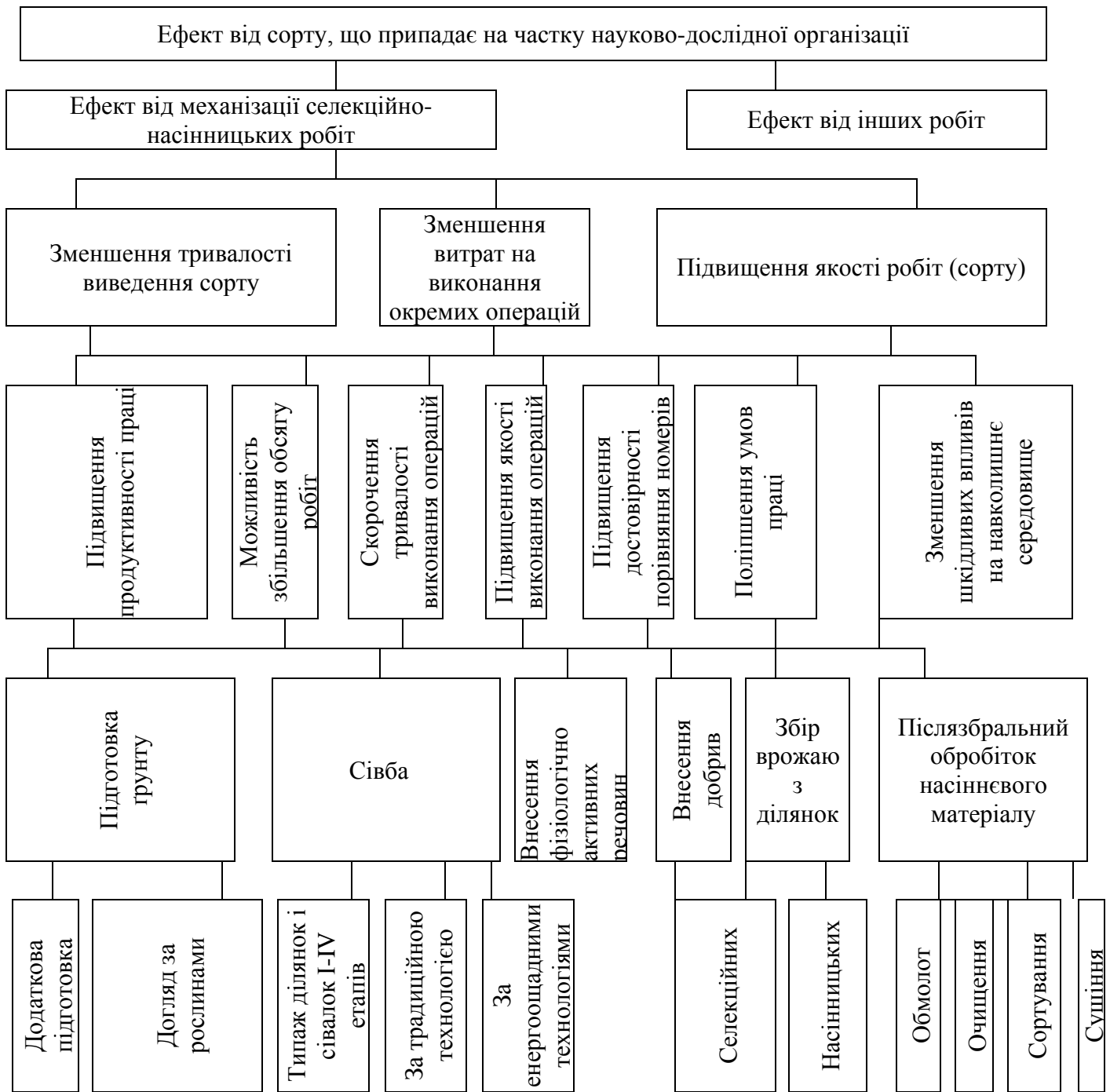


Рис. 5.15. Структурна схема показників визначення ефекта від сорту для визначення ефективності засобів механізації селекційно-насіницьких процесів

У структурній схемі (рис. 5.15) визначення ефекта технологічної системи отримання більш високої продуктивності рослин номера, що вивчається селекційного матеріалу вдосконалені технічні засоби для базової операції – висіву в аспектах підвищення відповідності агротехнологічним

вимогам, що веде до зменшення втрат і недобору великої кількості вихідного матеріалу і затягуванню строків виведення сорту. Визначення загальної ефективності засобів механізації селекційно-насінницьких робіт здійснюється, як частина ефекту від сорту за формулами (5.1) і (5.2) за наведеною вище схемою.

Економічна доцільність зазначених робіт підтверджується і обґрунтуванням економічної складової застосування перспективних технічних рішень (розділ 5.2). У країні понад 100 тис. га зайнято під селекційно-насінницькими посівами. Підвищення ефективності сівби, як базової визначальної операції селекційно-насінницьких процесів з зернобобовими культурами, на 1 тис. грн/га тільки за рахунок вдосконалення висівних робочих органів принесе економію понад 100 млн грн/рік.

Висновки до розділу 5

1. За результатами досліджень НВО «Селта» та за участі дисертанта було створено 9 найменувань технічних засобів, захищених патентами України. Усі зразки повністю або частково пройшли виробничу перевірку, п'ять з них пройшли відомчі приймальні випробування, рекомендовані до серійного виробництва і випускалися НВО «Селта».

2. Створені технічні засоби порівняно з відомими аналогами забезпечили зменшення нерівномірності висіву насіння при застосуванні висівних апаратів центрального й автономного розподілення при збільшенні робочої швидкості від 5–7 до 8–12 км/год і зростанні продуктивності на 25–70%.

3. Створені машини, зміна приводу висівного апарату, розроблені висівні робочі органи забезпечили розширення технологічних можливостей відносно базових, що дало змогу застосовувати уніфіковані основні частини конструкцій навісних сівалок для сівби на II і III етапах селекційних робіт та вивести з агрегування з ними шасі на базі трактора Т-16.

4. Створена машина для селекційно-насінницької сівби на IV етапі завдяки застосуванню системи автоматичного управління висівом насіння дає можливість вести облік засіяних ділянок та розширює діапазон регулювання норм висіву катушковим висівним апаратом до 300, порівняно з 80 у базовій, а запропоновані висівні робочі органи забезпечують можливість сівби на ділянках за енегоощадними технологіями з використанням енергоощадних факторів.

5. Використання у селекційно-насінницькій роботі створених технічних засобів забезпечує отримання прибутку понад 100 млн грн, який дозволяє окупити додаткові капіталовкладення в їх виробництво за 1,5–3 роки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена вирішенню проблеми підвищення ефективності процесу рядкового висіву насіння сільськогосподарських культур на селекційно-насінницьких ділянках.

Запропонований новий напрямок, суть якого полягає в розробці і реалізації системи селекційно-насінницького висіву насіння з ефективним використанням його технологічних особливостей для створення високопродуктивних енергоощадних сівалок.

За результатами виконаного дослідження зроблено наступні основні висновки.

1. Запропонований системний підхід до сівби на дослідних ділянках обґрунтовує застосування в сівалках: системи автоматичного управління катушковим висівним апаратом робочих органів для рядкової сівби насіння в підготовлений ґрунт, що вкладають насіння на тверде ґрунтове ложе; смугової сівби насіння для технологій з мінімальним обробітком ґрунту; сошникових вузлів з дисковим ножом на вібропідвісці, що комплектуються в залежності від вимог технологій, конструктивних та конструктивно-технологічних особливостей сівалок.

2. Запропонована методика оцінки технологічних властивостей робочих органів селекційно-насінницьких сівалок, особливістю якої є те, що модель функціонування сівалки розглядається як елемент процесу селекційно-насінницьких посівів і як підсистема, що має вхідну вектор-функцію режимів роботи і вихідну вектор-функцію показників роботи. Отримана регресійна модель створює передумови для оптимізації конструктивних параметрів селекційних сівалок і технологічних параметрів процесу висіву селекційного насіння. Коефіцієнти регресійних рівнянь визначаються експериментальним шляхом з математичною обробкою на ПК.

3. Розроблено математичні моделі і розрахункові алгоритми функціонування робочих органів сівалок: дводисково-анкерного сошникового вузла з висівним органом анкерного типу на пружинній підвісці для сівби за традиційними технологіями підготовки ґрунту, лапового сошника культиваторного типу з роликом-розсіювачем насіння в підлаповому просторі – для технологій з мінімальним обробітком ґрунту, комбінованих сошників з зубчастим дисковим ножом на двопружинній підвісці для енергоощадних технологій.

4. Згідно моделі функціонування сівалки лінійна залежність швидкості $N(t)$ обертання валу висівного апарату від швидкості $v(t)$ сівалки в межах 2...11 (12) км·год⁻¹ знаходиться в діапазоні заданих коефіцієнтів передач. Отримані відхилення показників від середнього значення для катушкових висівних апаратів з електроприводом не перевищують агротехнічних вимог до висівних апаратів сівалок. Тяговий опір запропонованих сошників відповідно дводисково-анкерного $P_1(t)$, стріловидного $P_2(t)$, лапового $P_3(t)$, лапового з роликом-розсіювачем $P_4(t)$ складе при швидкості руху 2,5 м/с відповідно 7296, 8400 та 6960 Н. З урахуванням отриманих значень визначається трактор для агрегування селекційних сівалок. Наприклад, для сівалки СС-16 з сошниками культиваторного типу потрібен трактор класу 14 кН.

5. Для забезпечення якісного висіву насіння зернових і зернобобових культур за традиційними технологіями підготовки ґрунту на підвищених швидкостях роботи сівалок (до 3,5 м/с і більше) істотне підвищення рівномірності глибини його закладання можливе за рахунок комплектування сівалки дводисковим сошником з кілеподібною частиною, шарнірно прикріпленою між дисками до корпусу сошника на пружині, жорсткість якої повинна бути в межах $k = 9,04 \cdot 10^3 \dots 3,6 \cdot 10^4$ Н/м для унеможливлення підйому нижньої частини наральника на висоту, що не перевищує величину

агротехнічного допуску при висіві. Підвищення сталості глибини висіву насіння в збільшує врожайність зернових культур до 10%.

6. Для посівів за технологіями з мінімальним обробітком ґрунту обґрунтовані залежності визначення параметрів і режимів запропонованого лапового сошника: кутової швидкості ролика-розсіювача, швидкості сходу насінини з його конічної поверхні, яка повинна бути створена обертанням логарифмічною кривою навколо вертикальної осі. Експериментальним шляхом встановлено, що при твердості ґрунту $140-150 \text{ Н/см}^2$ і вологості 16% середнє значення тягового опору сошника становить 397 Н при швидкості руху 1,5 м/с, а при швидкості руху 2,5 м/с – 525 Н.

7. Для ефективного використання вібраційних ефектів, що виникають завдяки застосуванню запропонованих конструкцій робочих органів та вузлів відповідно з параметрами та режимами роботи, обґрунтовані залежності для оптимізації енергетичної складової процесу попередньої підготовки насінневої борозни зубчастим дисковим ножом, встановленим на плоско-пружинній підвісці. Для визначення силових параметрів комбінованого сошникового вузла з зубчастим дисковим ножом на двопружинній підвісці отримані вирази для визначення амплітуди і частоти коливань лонжерона сошникового вузла в залежності від його основних конструктивних параметрів і режимів роботи. Для досягнення оптимального з енергетичних міркувань ефекту з урахуванням глибини ходу дискового ножа $h=0,08 \text{ м}$, кількість зубців на ньому повинна бути не менша $N=24$; висота зубця $h_z = 0,021 \text{ м}$ при деформаційному показнику ґрунту $\nu = 2 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{Н}$, товщині зубця $t=0,003 \text{ м}$ і силі різання $P=150 \text{ Н}$, жорсткість натискної пружини $C_{п1} = 33635 \text{ Н/м}$ та пружини автоколивань $C_{п2} = 34300 \text{ Н/м}$. В діапазоні робочої швидкості від 6 до 12 км/год зубчастого диску діаметром 350 мм, частота коливань буде дорівнювати $n = 36,4 \dots 72,8 \text{ Гц}$, а їх амплітуді $A = 0,02 \dots 0,03 \text{ м}$.

8. Для забезпечення підвищення продуктивності селекційно-насінницьких сівалок з ВВА катушкового типу і їх ефективності слід застосовувати цифрову електронну схему регулювання висівом насіння з мотор-редуктором і мікропроцесорним блоком управління з напругою живлення, В – 12; максимальним споживаним струмом, А – 16; потужністю двигуна, Вт – 120; коефіцієнтом редукції 1/30, мінімальними обертами редуктора, хв^{-1} – 0,4, максимальними робочими обертами редуктора, хв^{-1} – 120; глибиною регулювання обертів, 1-300; точністю підтримки співвідношень при зміні обертів 1:30 – 3-5%; раціональні значення робочої швидкості сівалки складають 1,5-3,5 м/с. Застосування запропонованої САУВН зменшує металоємність селекційно-насінницької сівалки на 10%, розширює діапазон регулювань норм висіву в 3,75 рази.

9. Для інтенсифікації сівби на ділянках II етапу селекційних робіт запропоновано конструкцію і обґрунтовано раціональні параметри робочих органів та конструктивні параметри начіпної селекційної касетної шестирядної сівалки з приводом робочих органів висівного апарату від приводного колеса, яка має замінити найбільш поширену для даного етапу касетну сівалку типу ССК-6, що начіплюється на самохідне шасі Т-16М, випуск якого вітчизняним виробництвом припинено, а наявний парк аналогів цих машин має знос більший 80%.

10. Прискорення проведення селекційно-насінницьких посівів за енергоощадними технологіями можливе використання базових селекційно-насінницьких сівалок шляхом модернізації і підсилення їх конструкцій і удосконалення сошникових вузлів. При застосуванні спеціальних сошників запропонована методика розрахунку оптимальної міцності рами сівалки. Необхідне з агротехнічних вимог притисне зусилля на сошник та потужність відповідного енергозасобу для сівалки можуть бути зменшені шляхом використання в якості розрізаючого ножа зубчастого диску з теоретично

обґрунтованими параметрами, що встановлено на двопружинній підвісці, який сприяє зменшенню тягового опору при сівбі по необробленому ґрунту до 20%.

11. Для підвищення агротехнічної якості, надійності роботи при фрезеруванні вологого і засміченого рослинними рештками ґрунту фрезою для суцільного обробітку ґрунту на I – III етапах селекційних робіт необхідно оснастити фрезу ножами з кутом відгину, що не перевищує 45° і культиваторними робочими органами. Для збереження агротехнічного допуску при формуванні ґрунтового ложа, при підвищеній робочій швидкості агрегату, необхідно збільшити кількість односторонніх ножів на диску барабану до 3-х. Потужність фрезерування з комбінованими робочими органами зменшується на 19,5%.

12. Обґрунтовано конструктивно-технологічну схему селекційної навісної сівалки, що комплектується в залежності від вимог висівними апаратами автономного висіву насіння (для проведення селекційно-насінницьких робіт на ділянках другого етапу) та центрального розподілу насіння, що висівається (на ділянках третього етапу). Базова конструкція рами сівалки СЦН-10 може бути використана для посіву зернових, зернобобових і круп'яних культур з дотриманням агротехнічних вимог, що пред'являються до II та III етапів селекційно-насінницьких робіт.

13. Розроблено і впроваджено у виробництво технічні засоби, які забезпечили якісний висів селекційно-насінницького матеріалу з такими показниками: підвищення точності норми висіву при використанні САУВН замість механічної КП для управління катушковим висівним апаратом склало 6-8%, що забезпечує при роботі в селекції і насінництві зернобобових і круп'яних культур економічний ефект 400 – 800 грн./га (2014 р.); прибавка врожаю озимої пшениці на 5-7% при середній врожайності насінневого зерна 4,5 т/га, при використанні для сівби комбінованих дводисково-анкерних

сошникових вузлів за рахунок підвищення схожості порівняно з висівом стандартними дводисковими сошниками, що в грошовому виразі складає 650-900 грн./га (2013 р.); висів ячменю сівалкою, з висівними органами – сошниками культиваторного типу зі стрілчастими лапами і роликом-розсіювачем в підлаповому просторі забезпечив збільшення врожайності на 5-7 ц/га, при виключенні передпосівної культивації, що в грошовому виразі складає 900-1200 грн./га (2013 р.).

14. За отриманими науково-практичними результатами в НВО «Селта» створено п'ять дослідних зразків селекційних сівалок, що мають показники на рівні кращих світових аналогів, які пройшли виробничу перевірку і відомчі приймальні випробування та рекомендовані до серійного виробництва. Підвищення ефективності сівби, як базової визначальної операції селекційно-насінницьких процесів з зерновими і зернобобовими культурами на 1 тис. грн./га тільки за рахунок удосконалення висівних робочих органів принесе економію понад 100 млн грн./рік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адамчук В.В. Актуальні аспекти розвитку механізації дослідних робіт в рослинництві / В.В.Адамчук, В.М.Булгаков, В.П.Горобей//Вісник аграрної науки. 2016. –№ 10.
2. Адамчук В.В. Обґрунтування параметрів сошника машини для підживлення посівів озимих культур / В.В.Адамчук, В.Б.Онищенко, В.В.Ратушний//Механізація та електрифікація сільського господарства: між від. темат. наук. зб. – К., 1991. – Вип. 73. – С. 29-31.
3. Адамчук В.В. Теоретичні основи колювання зубчастого сошника селекційної сівалки /В.В.Адамчук, В.М.Булгаков, І.В.Головач, В.П.Горобей// Механізація та електрифікація сільського господарства: між від. темат. наук. зб. – Глеваха, 2015. – Вип.1(100). – С. 10 - 21.
4. Адамчук В.В.Теоретичні передумови визначення енергетичних характеристик сошника із зубчастим диском на вібропідвісці / В.В.Адамчук, В.М.Булгаков, В.П.Горобей//Вісник аграрної науки. 2015. – №2.– С.45-49.
5. Анискин В.И. Машины для селекционной работы в полеводстве. –М.: ВИМ. – 2001. – 202 с.
6. Анискин В.И. Механизация опытных работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве зерновых и зернобобовых культур/ В.И.Анискин, Ю.Ф.Некипелов.– М.:ВИМ, 2004. – 200 с.
7. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя/ В.И.Анурьев, Ф.Ф.Калашников, И.М.Масленников.– М.: Госуд.научн.-техн. изд-во машиностроительной литературы, 1963. – 688 с.
8. Астахов В.С. Посевная техника: Анализ и перспективы развития / В.С.Астахов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1999. – №1. – С. 6-8.

9. Бабицкий Л.Ф. Бионические направления разработки почвообрабатывающих машин/Л.Ф.Бабицкий.– К. : Урожай, 1998.–160 с.
10. Белов В.В. О рабочей зоне механизма подвески сошника / В.В.Белов // Техника в сельском хозяйстве. – 2007. – № 5. – С. 9-12.
11. Беляев Н.М. Сопротивление материалов /Н.М.Беляев. – М.: Изд-во «Наука». Главная редакция физ.-мат. лит.-ры, 1965. – 856 с.
12. Бендат Дж. Применения корреляционного и спектрального анализа/ Дж.Бендат, А.Пирсол – Пер.с англ. – М.: Мир, 1983. – 312 с.
13. Беседа О.О. Оцінка технологічної універсальності та перспективності багатофункціональних посівних машин /О.О.Беседа//Вісник Харківського нац. техн. у-ту сільського господарства ім. П. Василенка. – Харьков, 2008. – Вип. 75. – С. 190-195. – (Сер. «Механізація сільськогосподарського виробництва»)
14. Беспямятнова Н.М. Вибрационные процессы в растениеводстве/ Н.М. Беспямятнова//Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – №2. – С. 11-13.
15. Бойко А.І. Дослідження зусиль, які діють на робочу частину наральникових сошників/А.І.Бойко, М.О.Свірень//З-к наук. праць Кіровоградського нац. техн. у-ту. – Кіровоград, 2006. – Вип. 17. – С. 3-14. – (сер. «Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація»).
16. Бородин И.Ф. Концепция автоматизации технологических процессов сельскохозяйственного производства /И.Ф.Бородин/ Автоматизация производственных процессов в сельском хозяйстве. Мат. межд. научно-техн. конф. 7-9 июня 2000г., г Минск, 2000.– С. 7-9.
17. Борошок Л.А. Автоматичні системи і технічний рівень зернових сівалок/Л.А.Борошок//Вісник аграрної науки. – 1994 – №9. – С. 67-74.

18. Булгаков В.М. Побудова математичної моделі коливального руху у ґрунті зубчастого сошника селекційної сівалки /В.М. Булгаков, І.В.Головач, В.П.Горобей, О.М.Свірень // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин/Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник КНТУ. – Кіровоград, 2015. Вип. 45. – Ч.1. – С. 50-62.
19. Булгаков В.М. Стан та перспективи створення в Україні сучасних сільськогосподарських машин / В.М.Булгаков, В.В.Адамчук // Наук. вісник Луганського нац. аграр. ун-ту. – Луганськ, 2011. – № 29. – С. 252-260. – (сер. «Технічні науки»).
20. Булгаков В.М. Від класичних основ землеробської механіки до сільськогосподарських машин майбутнього// В.М.Булгаков, А.С.Заришняк, І.В.Головач/ Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2012. Вип. 96 – С.26-34.
21. Булгаков В.М. Вдосконалення конструкції комбінованого дводисково-анкерного сошника/ Вісник аграрної науки /В.М.Булгаков, В.П.Горобей// – Київ. «Вісник аграрної науки».2016. –№ 4.– С. 57-64.
22. Василенко П.М. Теория движения частиц по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин/ П.М.Василенко, под. ред. Медведева М.И. – К.: Издательство Украинской академии сельскохозяйственных наук, 1960. – 283 с.
23. Василенко П.М. Введение в земледельческую механику /П.М.Василенко П.М. – Киев: Сельхозобразование, 1996. – 252 с.
24. Василенко П.М. Культиваторы (конструкция, теория и расчет)/ П.М.Василенко, П.Т.Бабий //К.:Издательство Украинской академии сельскохозяйственных наук. –1961. –239с.
25. Василенко П.М. Методика построения расчетных моделей функционирования механических систем (машин и машинных агрегатов):

- Учебное пособие / П.М Василенко, В.П. Василенко. – Киев: УСХА, 1980. – 137 с.
26. Василенко П. И. Влияние вибраций на технологический процесс открытия виноградных лоз: дис. ... канд.техн. наук: /П.И. Василенко - Одесса, 1969. – 191 с.
27. Васильченко В. Сошники зернових сівалок: особливості будови та типорозміри /В.Васильченко, О.Ткаченко, Н.Воронцова//Агроном. – 2010. – № 4. – С. 140-146.
28. Визначення експлуатаційно-технологічних показників посівної техніки в умовах рядової експлуатації / К. Костенко, Г. Осьмак, О. Біліченко, В. Строкач //Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. праць УкрНДПВТ. – Дослідницьке, 2000. – Вип. 3(17). – С. 107-109.
29. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник/Д.Г.Войтюк, В.М.Барановський, В.М.Булгаков та інш.; за ред. Д.Г.Войтюка.- К.:Вища освіта, 2005. – 464с.
30. Гаврилюк Г.Р. К энергетической характеристике высевающих аппаратов и механизма привода рядовых сеялок/Г.Р.Гаврилюк//Земледельческая механика Сб.трудов под ред. В.А.Желинговского, т.13.- М. : Машиностроение. – 1971, – С. 88-92.
31. Гайфулин А.Х. Унификация размеров и других параметров деленок для механизации селекционных работ/А.Х.Гайфулин//Селекция и семеноводство. 1974.–№5.– С. 51-57.
32. Галич М.В. Оптимізація приводу висівних апаратів зернотукової сівалки СЗ-3,6А / М.В.Галич, Н.В.Матухно // Механізація та електрифікація сільського господарства: між від. темат. наук. зб. – Глеваха, 2004. – Вип. 88. – С. 231-236.

33. Гафаров А.А. Динамическая модель посевного агрегата с широкополосным сошником / А.А.Гафаров, Р.А.Махмудов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 12. – С. 17-18.
34. Гевондян Т.А. Приборы для измерения и регистрации колебаний/ Т.А.Гевондян, Л.Т.Киселев. – М.: Госуд.научн.-техн. изд-во машиностроительной литературы, 1962. – 468 с.
35. Горобей В.П. Впровадження енергозберігаючих технологій для вирощування зернових у фермерських господарствах/ В.П.Горобей, матеріали ХХІІ між нар. наук.-техн. конф. 21-23 травня 2014р. Глеваха, 2014. – С.66-68.
36. Горобей В.П. Грунтообробні і посівні комбіновані робочі органи для енергозберігаючих технологій / В.П.Горобей, М.К.Лінник, В.А.Лузін, М.П.Малярчук // Механізація та електрифікація сільського господарства: між від. темат. наук. зб. – Глеваха, 2013. – Т.1. – Вип. 98. – С. 350-361.
37. Горобей В.П. Дослідження тягового опру сошника культиваторного типу для розкидної сівби насіння / В.П.Горобей, В.А.Лузін, В.Ю.Москалевич / Механізація та електрифікація сільського господарства: між від. темат. наук. зб. – Глеваха, 2013. – Вип. 97. – С. 203-210.
38. Горобей В.П. Дослідження дводискового комбінованого сошника для смугового висіву насіння /В.П.Горобей, В.А.Лузін//Вісник аграрної науки. –2010. – Спец.випуск, травень. – С.74 - 76.
39. Горобей В.П. Дослідження експериментальної селекційної сівалки СЦН-10 в польових умовах/В.П.Горобей, М.А.Литвиненко// Зб. наук. праць Кіровоградського нац. техн. ун-ту. – Кіровоград, 2013. – Ч.2. – Вип. 43. – С. 73-78. – (Сер. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин).
40. Горобей В.П. Дослідження робочих органів зернової сівалки для технології з мінімальною обробкою ґрунту/ В.П.Горобей, В.А.Лузін,

- Р.А.Вожегова//Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. 2013. –Т.4. – Вип.13. – С. 67-74. – (Наукове фахове видання).
41. Горобей В.П. Дослідження сівалки селекційно-насінницької з приводом висівного апарату мотор-редуктором на базі колекторного двигуна/В.П.Горобей, Н.Ю.Полякова, О.О.Канаєв//Таврійський вісник аграрної науки. –Зб. наук. праць.– Сімферополь. – ІСХКриму.–2013. – №2. – С.55-58.
42. Горобей В.П. Дослідження сошника культиваторного типу для розкидного висіву насіння/В.П.Горобей, В.А.Лузін, В.Ю.Москалевич//Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха, 2013. –Т.1 – Вип. 97. – С. 203-211.
43. Горобей В.П. Дослідження сошникового вузла для сівби зернових і зернобобових культур/В.П.Горобей//Наукові праці ПФ НУБіП України «КАТУ». – Сімферополь, 2014. – № 162. – С. 104-112. – (Сер. «Технічні науки»).
44. Горобей В.П. Дослідження універсального сошникового вузла для енергозберігаючих технологій в селекційній роботі/ В.П.Горобей / Проблеми енергоресурсозбереження в промисловому регіоні. Наука і практика : матеріали II Всеукраїнської наук.-практ. конф., 11-12 травня 2016 р. – Маріуполь, ДВНЗ «ПДТУ». 2016. – С. 12-15.
45. Горобей В.П. Исследование виброэффекта автоколебаний сошникового узла с зубчатым разрезающим диском/В.П.Горобей, Л.Ф.Бабицкий, В.Ю.Москалевич// Проблемы механизации производства и технологии переработки сельскохозяйственной продукции : материалы междунар. научн.-техн. конф. (тезисы докладов) 16 апреля 2014г.– Симферополь, – ЮФ НУБіП «КАТУ». 2014. – С. 30-31.

46. Горобей В.П. Исследование и испытание системы управления катушечными высевальными аппаратами сеялки, оборудованной электроприводом/ В.П.Горобей, О.Е.Таримов, А.М.Макалиш и др.// Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха, 2007. – Вип. 91. – С. 225-233.
47. Горобей В.П. Исследование сеялки СЗП-3,6, оборудованной электроприводом высевального аппарата/В.П.Горобей, Г.Н.Мироненко, О.Е.Таримов, А.А.Запорожец//Наукові праці ПФ НУБіП України «КАТУ». – Сімферополь, 2009. – № 123. – С. 44-47. – (Сер. «Технічні науки»).
48. Горобей В.П. Исследование системы управления высевом семян для сеялки навесной СН-16ПМ, оборудованной электроприводом / В.П.Горобей, В.Л. Солецкий, А.Л.Красниченко, О.Е.Таримов//Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА. 2004. – № 21. – С. 67-74. – (Наукове фахове видання).
49. Горобей В.П. Исследование устойчивости работы катушечного высевального аппарата от электропривода/В.П.Горобей, О.Е.Таримов// Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета.– 2009. Вып. 20.–Симферополь: НИЦ КИПУ. – С.80-84.(Технические науки).
50. Горобей В.П. Комплексные исследования вибрационных и тяговых параметров комбинированных рабочих органов сеялок/В.П.Горобей, О.Е.Таримов, В.Ю.Москалевич// Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки: мат. ІХ-ї міжнар. наук.-практ. конф. – Кіровоград, КНТУ. 2013. Вип. 1. – С. 12-14.
51. Горобей В.П. Лабораторные исследования тягового сопротивления рабочих органов для обработки почвы и посева/В.П.Горобей, О.Е.Таримов, Л.Ф.Бабицкий, В.Ю.Москалевич//Наукові праці ПФ НУБіП України

- «КАТУ». – Сімферополь, 2012. – № 150. – С. 48-54. – (Сер. «Технічні науки»).
52. Горобей В.П. Методика лабораторных исследований сошников для энергосберегающих технологий посева семян зерновых культур / В.П.Горобей, В.Ю.Москалевич // Зб. наук. праць Кіровоградського нац. техн. ун-ту. – Кіровоград, 2012. – Ч.1. – Вип. 42. – С. 216-220. – (Сер. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин).
53. Горобей В.П. Методика определения тягово-вибрационных характеристик сошников/ В.П.Горобей, О.Е.Таримов// Інноваційні технології в АПК : матеріали V Всеукраїнської наук.-практ. конф.– Луцьк. ЛНТУ.– 2015.– С.29-33.
54. Горобей В.П. Модернизация сеялки СЗ-3,6А для работы по энергосберегающим технологиям/В.П.Горобей, В.А.Лузин// Тракторы и сельхозмашины.–2014.– №9. – С.20-22.
55. Горобей В.П. Обгрунтування комбінованих робочих органів фрези для суцільної обробки ґрунту ФНС-1,5/ В.П.Горобей, В.А.Лузін, М.К.Лінник //Вісник інженерної академії України. – 2012. –№3-4. – С. 69-71.
56. Горобей В.П. Определение жесткости пружины комбинированного двухдискового анкерного сошника //В.П.Горобей/ Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. –№ 4.– С. 7-9.
57. Горобей В.П. Оптимизация конструкции сошникового узла с зубчатым разрезающим диском к селекционной сеялке/В.П.Горобей// Тракторы и сельхозмашины.–2014.– №10. – С. 36-38.
58. Горобей В.П. Повышение эффективности сошниковых узлов селекционных сеялок/ В.П.Горобей// Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки: матеріали X

- міжнар. наук.-практ. конф. 5-6 листопада 2015р.– Кіровоград.– КНТУ, 2015. – С. 40-42
59. Горобей В.П. Разработка и исследование техники для аграрной науки в растениеводстве Украины/ В.П.Горобей, А.Л.Красниченко// От полевого эксперимента – к созданию устойчивых агроэкосистем в изменяющемся мире: методология, инструментарий, реализация: материалы междунар. конф. Северных стран, Санкт-Петербург. 2010. – Ч.1 – С.44-46.
60. Горобей В.П. Селекційна техніка для зернових і зернобобових культур/В.П.Горобей, М.К.Лінник// Вісник аграрної науки. 2012. –№11.– С. 49-53.
61. Горобей В.П. Снижение ресурсоэнергоемкости процесса высева семян при закладке полевых опытов/ В.П.Горобей // Проблемы энергоресурсозбережения в промышленном регионе. Наука і практика : матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф. молодих учених, спеціалістів, аспірантів. 20-24 квітня 2015г. – Маріуполь, ДВНЗ «ПДТУ». 2015.– С. 42.
62. Горобей В.П. Системний підхід до селекційно-насінницької сівби з умовними етапами/ В.П.Горобей// Вісник аграрної науки. 2016. –№ 6.– С. 48-53.
63. Горобей В.П. Сошниковый узел с зубчатым разрезающим диском/ В.П.Горобей//Техника в сельском хозяйстве. – 2014.–№4.– С.6-8.
64. Горобей В.П. Створення вітчизняної системи машин для селекційно-насінницької роботи в Україні/В.П.Горобей//Наукові праці ПФ НУБіП України «КАТУ». – Сімферополь, 2010. – № 131. – С. 119-123. – (Сер. «Технічні науки»).
65. Горобей В.П. Стендові дослідження автоматизації управління висівом насіння катушковими апаратами/В.П.Горобей, О.Є.Тарімов, О.Л.Красніченко, Г.М.Мироненко//Збірник наукових праць Інституту цукрових буряків, 2007.– Вип. 9.– С. 293-300.

66. Горобей В.П. Технічне забезпечення селекційно-насінницької роботи/В.П.Горобей, О.Л.Красніченко//Вісник аграрної науки. 2009. –№8.– С.54-57.
67. Горобей В.П. Оптимизация конструкции сошникового узла с зубчатым разрезающим диском к селекционной сеялке /В.П.Горобей// Тракторы и сельхозмашины.– 2014.–№10. – С. 36-38.
68. Горячкин В.П. Собрание сочинений. Т.1.М.: «Колос» – 1968. – 720 с.
69. Горячкин В.П. Собрание сочинений. Т.2.М.: «Колос» – 1968. –455 с.
70. Гриссо Р. Сошники и диски – пехотинцы посевной / Р.Гриссо, Д.Хольсхаузер, Р.Питмен // Зерно. – 2011. – № 10. – С. 104-110.
71. Гуков Я.С. Методичні рекомендації з підготовки пропозицій до системи машин/ Я.С. Гуков, М.І.Грицишин/Глеваха, ННЦ «ІМЕСГ» – 2004.– 16 с.
72. Гуменюк Ю.О. Установка для дослідження взаємодії робочих органів з ґрунтом/Ю.О.Гуменюк,О.М.Димчев,В.П.Ковбаса,М.Кучер//Механізація сільськогосподарського виробництва.- Зб. наук. праць НАУ. –т.9.– К.: НАУ.– 2000.– С. 271-277.
73. Данжеева Д.К. Повышение эффективности посева семян сельскохозяйственных культур путем совершенствования рабочих органов в условиях республики Бурятия: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.20.01/Данжеева Дарима Кимовна; Бурятская гос. Сельхоз. Академия.– Улан-Уде, 20105.– 20 с.
74. Джашеев К.А. Номограмный метод анализа результатов многофакторного эксперимента/К.А.Джашеев, З.А.Джашеева// Современные наукоемкие технологии.–2008.– № 8. – С.19-28.– (Технические науки).
75. Домрачев В.А. Модернизация селекционной сеялки для посева по стерневому фону/В.А.Домрачев, А.А.Кем, У.М.Сагалбеков, Б.У.Сагалбеков/. – Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2009. – №12. – С. 2-3.

76. Доспехов В.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) М.: «Колос».–1973, – 336 с.
77. Дринча В.М. Концептуальные и методологические аспекты стратегии развития механизации сельского хозяйства/В.М.Дринча.– М. Россельхозакадемия. 2003.– 60 с.
78. Дринча В.М. Итоги и перспективы развития системы машин для селекции и семеноводства / В.М.Дринча, Ю.Ф. Некипелов, О. Бямбажов / Селекция и семеноводство, 2000.– №4, – С. 34-37.
79. Дубровский А.А. Применение вибраций для снижения тягового сопротивления машин /А.А.Дубровский // Вестник АН СССР. 1962. – № 1. – С. 25-36.
80. Дьяконов С.О. Обґрунтування параметрів технологічного процесу і робочих органів сівалки прямого сіву: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / Сергій Олександрович Дьяконов; Харьк. нац. техн. ун-т ім. П.Василенка. – Х., 2005. – 20 с.
81. Дяченко В.В. Исследование и испытание системы управления катушечными высевающими аппаратами сеялки, оборудованной электроприводом/В.В.Дяченко, Горобей В.П., Таримов О.Е., Красниченко А.Л.// Наукові праці ПФ НУБіП України «КАТУ». – Сімферополь, 2008. – Вип. 109. – С. 42-47 . – (Сер. «Технічні науки»).
82. Жураківська З. Селекція: вкладаємо тисячу, пожинаємо – мільйон/ Урядовий кур'єр . 2001.– № 132 (2059).
83. Землеробська механіка – теоретична база сучасної землеробської техніки/ Г.М.Калетнік, А.С.Заришняк, В.В.Адамчук, В.М.Булгаков // Механізація та електрифікація сільського господарства: між від. темат. наук. зб. – Глеваха, 2013. –Т.1 – Вип. 98. – С. 31- 44.

84. Заєць М. Л. Обґрунтування параметрів сошників зернових сівалок: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11/ Максим Леонідович Заєць; Вінницький держ. аграрн. ун-т. – В., 2009. – 21 с.
85. Зайцев Г.Ф. Теория автоматического управления и регулирования /Г.Ф.Зайцев.– К.:Вища школа», 1975.– 424 с.
86. Зоненберг Р.М. Исследование влияния вибрации на тяговое сопротивление рабочих органов, взаимодействующих с почвой : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01/Р.М. Зоненберг; Омск, 1965.–20с.
87. Игнатенко И.В. Методы снижения энергозатрат почвообрабатывающих машин с упругозакрепленными рабочими органами: автореф. дис. ... докт. техн. наук: спец. ВАК РФ 05.20.01 / Иван Васильевич Игнатенко; Донской гос.техн.ун-т. – Ростов на Дону, 2003. – 40 с.
88. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины посевные. Программа и методика испытаний. ОСТ 70.5.1-82. М.–1983.–148 с.
89. Исследование сеялки СЗП-3,6, оборудованной электроприводом высевающего аппарата / В.Горобей, Г.Н.Мироненко, О.Е.Таримов, А.А.Запорожец // Агро-химия, -техника, -технологии. – 2012. – № 1. – С. 47-48.
90. Исследования и испытания системы управления катушечными высевающими аппаратами сеялки, оборудованной электроприводом /В.П.Горобей, О.Е.Таримов, А.М.Макалиш и др.// Механізація та електрифікація сільського господарства.–2007.–№9.– С. 225-234.
91. Кант Г. Земледелие без плуга: Предпосылки, способы и границы прямого посева при возделывании зерновых культур/ Пер. С нем. Е.И. Кошкина; Под ред.А.И.Жолобова, А.И.Пупонина.–М.:Колос,1980.–158 с.
92. Кардашевский С.В. Испытание сельскохозяйственной техники/С.В.Кардашевский, Л.В.Погорельый, Г.М.Фудиман и др. – М.: Машиностроение, 1979. – 288 с.

93. Карпенко А.Н. Сельскохозяйственные машины/А.Н.Карпенко, А.А.Зеленев, В.М.Халанский//М.: «Колос».-1976. – С.107-134.
94. Карпуша П.П. Некоторые результаты исследований работы культиватора с упругой подвеской лап / П.П.Карпуша, Г.А.Рябцев // Научные труды МИСХ.– Мелитополь,–1967.–т.5.Вып.1. – С.76-90.
95. Кваша Ю. Зерновые сеялки производства ОАО «Червона зірка» / Ю. Кваша // Техніка АПК. – 2005. – №9. – С. 18-19.
96. Ким В. К вопросу обоснования конструктивных параметров сеялки прямого сева / В. Ким, С. Дьяконов // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. праць УкрНДІПВТ. – Дослідницьке, 2004. – Вип. 7(21). – С. 349-353.
97. Киреев И.М. Совершенствование методов и средств испытаний высевающих аппаратов точного высева / И. М. Киреев, З. М. Коваль // Техника в сельском хозяйстве. – 2010. – № 5. – С. 25-27.
98. Кленин Н.И. Сельскохозяйственные машины элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы/Н.И.Кленин, И.Ф.Попов, В.А.Сакун.– М.: «Колос»,– 1970. – С.86-113.
- 99.Коваль С. Тенденции развития конструкций зерновых сеялок / С. Коваль, О. Митрофанов // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. праць УкрНДІПВТ. – Дослідницьке, 2008. – Вип. 12(26). – С. 195-205.
100. Ковбаса В.П. Механіко-технологічне обґрунтування оптимізації взаємодії робочих органів з ґрунтом: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.05.11/ Ковбаса Володимир Петрович; Нац. аграрн. ун-т. – К., 2006. – 35 с.
101. Козаченко О.В. Дослідження затрат механічної енергії машинами сільськогосподарського призначення на вирощуванні продукції

рослинництва / О. В. Козаченко // Механізація та електрифікація сільського господарства: між від. темат. наук. зб. – Глеваха, 2004. – Вип. 86. – С. 91-97.

102. Кондратьев В.Л. К проблеме исследования вибрационных процессов, возникающих при работе культиваторной лапы с упругой стойкой/В.Л.Кондратьев//Конструирование рабочих органов сельскохозяйственных машин.–Ростовский–на-Дону институт сельскохозяйственного машиностроения. Ростов-на-Дону.–1971.– С. 213-215.
103. Кравченко С.В. Параметры и режимы функционирования посевных лапово-дисковых рабочих органов: дис... на соиск. уч. степени канд.техн.наук: 05.20.01 /Кравченко Сергей Владимирович; ВНИИПТИМЭСХ.–Зерноград, 2007.– 166 с.
104. Красниченко А.Л. Исследования колебаний вибросистемы с жесткой связью/ А.Л.Красниченко, В.П.Горобей, В.Л.Солецкий, О.Є.Таримов//Праці.Таврійська державна агротехнічна академія.– Мелітополь: ТДАТА. – 2003.– Вип.14 – С. 9-16.
105. Красниченко А.Л. Новый высевающий аппарат для селекционных сеялок/ А.Л.Красниченко, В.П.Горобей, В.Л.Солецкий, О.Є.Таримов// Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин.-загально-держ.міжвід.науково-техн. – зб.наук. праць КДТУ.– Кіровоград, 2003.– Вип.33.– С. 162-168.
106. Красниченко А.Л. Перспективы компьютерной автоматизации селекционных сеялок/А.Л.Красниченко, В.П.Горобей, В.Л.Солецкий, О.Е.Таримов//Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація.– Зб. наук. праць КДТУ .– Кіровоград:.– 2002. – Вип.11.– С. 15-18.

107. Красниченко О.Л. Удосконалення селекційно-насінницької техніки в рослинництві України / О.Л.Красніченко, В.П.Горобей, В.І. Токаренко// Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха, 2005. – Вип. 89. – С. – 96-103.
108. Кудзаев А. Б. Методика проведения и результаты испытаний рабочих органов культиватора /А.Б.Кудзаев, А.Э.Цгоев, В.А.Хадаев //Исследования по механизации садоводства и виноградарства. Сб.научн. трудов – Владикавказ, 2002.– С.180-186.
109. Кузнецов Б.Ф. Стендовое оборудование для функциональных исследований посевных и комбинированных машин/Б.Ф.Кузнецов, В.А.Юзбашев, Е.Н.Семенов//Тракторы и сельхозмашины.1987.– №10. – С. 22-24.
110. Ласки В.П. Сеялка для посева в селекционных и контрольных питомниках/В.П.Ласкин, Г.Г.Казаков– Сборник начн.-техн. информации НИИ сел.хоз-ва Юго-Востока.–1973.–№7.– С.58-59.
111. Лапшин И.П. Результаты полевых исследований стабилизации хода сошника на трубчатой стойке по глубине / И.П.Лапшин, С.Н.Кокошин // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 1. – С. 67.
112. Ларюшин Н.П. Исследование сеялки с лаповыми сошниками для подпочвенно-разбросного посева / Н.П.Ларюшин, А.В.Мачнев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – № 4. – С. 5-7.
113. Легкодух І. Аналітичний огляд посівної техніки / І. Легкодух, С. Павленко, Ю. Шпильовий // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. праць УкрНДІПВТ. – Дослідницьке, 2009. – Вип. 13(27). – Кн. 1. – С. 211-229.

114. Лісовий І.О. Обґрунтування параметрів сошника для прямої сівби: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / Іван Олександрович Лісовий; Кіровоград. нац. техн. ун-т. – К., 2013. – 20 с.
115. Лихочвор В. Обґрунтування вимог до зернової сівалки точного висіву/В. Лихочвор//Техніка АПК. – 1999. – №2. – С.12-14.
116. Любушко Н.И. Методика оценки работы ЦВС зерновых сеялок на базе персональных компьютеров/ Н.И.Любушко, С.А.Косарева, В.И. Мишин, И.Е.Внукеов// Тракторы и с.-х. машины. 1989. – №1. – С. 15-16.
117. Макрушин М.М. Насінництво (методологія, теорія, практика): підручник/ М.М.Макрушин, Є.М.Макрушина.– Сімферополь. ВД «АРІАЛ».– 2012.– 536 с.
118. Марченко В.В. Засоби механізації для сівби зернових культур при мінімальному та нульовому обробітку ґрунту / В. В. Марченко, В. М. Несвідомин // Агроном. – 2008. – № 3. – С. 154-159.
119. Мачнев А. Сеялка для підпочвенно-разбросного посева / А.Мачнев, Н.Ларюшин // Сельский механизатор. – 2005. – № 4. – С. 18.
120. Машины для механизации работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве зерновых культур (комплект проспектов)/ Ю.Ф. Некипелов, И.Ф.Алдошин, Н.А.Громошин, А.П.Панов/М.: ЦОПКБ ВИМ.–1988. – 82 с.
121. Машины и лабораторное оборудование для селекционных работ в растениеводстве/ В.П.Сытник, Я.С.Гуков,..., В.П.Горобей и др.//Справ.пособиепод общ. Ред..В.М. Дринчи. –Воронеж: НПО «МОДЭК», 2010.– 432 с.
122. Методика оцінки якісних показників роботи висівних систем точного землеробства / М.О.Свірень, С.М.Лещенко, А.І.Бойко, О.О.Банний // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. праць УкрНДПВТ. – Дослідницьке, 2011. – Вип. 15(29). – С. 280-290.

123. Механизация опытных работ в растениеводстве// Л.Б.Дунаевский, Е.Н.Конюшков, Н.И.Филенков, В.П. Пьяных .- Обзорная информация. М.: Всесоюзный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по сельскому хозяйству. – 1971. – 125 с.
124. Механизация полеводства/[Алехин Н.В.[и др.]; под. ред. ред. А.Н.Карпенко.–[2-е изд.].– М.:Гос.изд-во сельскохоз.лит-ры,1958.–533 с.
125. Мигальов А. Ефективність сівалок мовою цифр / А. Мигальов, І. Легкодух // The Ukrainian Farmer. – 2013. – № 2. – С. 102-104.
126. Михневич Н.А. Об определении оптимальной глубины и равномерности заделки семян зерновых /Н.А.Михневич/ Механизация и электрификация сельского хозяйства.– Минск.– 1978.– С.76-78.
127. Молофеев В.Ю. Техническое средство для посева льна-долгунца и других мелкосемянных культур в селекции и семеноводстве/ В.А. Молофеев, В.В.Зубанов // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий .– М.: ФГБНУ ВИМ, 2014. – С. 290-293.
128. Мордухович А.И. Прямой посев : достоинства, проблемы/ А.И. Мордухович// Механизация и электрификация сельского хозяйства.– 1987.– №6. – С. 17-21.
129. Морозов І.В. Технологічні і технічні основи удосконалення конструкцій сошників зернових сівалок: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.05.11 / Морозов Іван Васильович;Тернопіл.держ. техн.ун-т. ім. Івана Пулюя.– Т., 2003. – 40 с.
130. Муртазин Г.Р. Обоснование параметров дискового рабочего органа сеялки для прямого посева / Г.Р.Муртазин// Механизация и электрификация сельского хозяйства.– 2008, № 5. – С. 4-5.
131. Надикто В. Широкозахватний посівний МТА на базі трактора ХТЗ-120 / В. Надикто, В. Кюрчев, А. Аюбов // Техніко-технологічні аспекти розвитку та

випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. праць УкрНДПВТ. – Дослідницьке, 2005. – Вип. 8(22). – Кн. 1. – С. 108-112.

132. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України/Редкол.: М.В. Зубець та ін. –Київ. «Логос», 2004.–775 с.
133. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України/Редкол.: М.В. Зубець та ін. – Київ. «Аграрна наука», 2004. – 844 с.
134. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і західного регіону України/Редкол.: М.В. Зубець та ін.–Київ. «Урожай», 2004.–560 с.
135. Науково-технічна експертиза техніко-технологічних рішень систем обробітку ґрунту/В.І.Кравчук, В.В.Погорілий, Л.П.Шустік і ін. //К.:Фенікс.2009.–50 с.
136. Некипелов Ю.Ф. Машины для механизации работ в селекции и первичном семеноводстве//Ю.Ф. Некипелов, А.Г.Педай , А.Г. Поляков/. Вестник семеноводства в СНГ, 1999. - №3. – С. 23-26.
137. Новая конструкция двухдискового сошника / Н.В. Тупицын, В.П. Артемьев, С.В. Валяйкин и др. // Достижения науки и техники АПК. – 2005. – № 12. – С. 29-30.
138. Ногтиков А.А. Обоснование параметров отражателя для внутрпочвенно-разбросных сошников / А.А. Ногтиков, А.Л. Глотов, В.А. Голивец // Техника в сельском хозяйстве. – 1998. – № 3. – С. 33-34.
139. Нужный А.Ф. Универсальная селекционная сеялка ССУ-10/ Ф.А.Ф.Нужный, А.В.Титаренко, В.А.Пшеничный//Достижения науки и техники АПК. – 2002. – №3. – С.26-27.
140. Обґрунтувати конструкційно-технологічні параметри робочих органів і машин для обробітку ґрунту та сівби зернових культур в умовах АР Крим: звіт про НДР (закл.) 23.12.13/Науково-виробниче об'єднання « Селта»

ННЦ «ІМЕСГ»; керівн. В.П.Горобей; викон. : В.А.Лузін [та інш.] – С., 2013. – 97с. – Інв. № 0111U003627.

141. Обґрунтувати, розробити та дослідити конструкції пристосування до зернової рядової сівалки та дискового культиватора для енергоощадних технологій обробітку ґрунту та сівби: звіт про НДР (закл.) 24.02.15/Науково-виробниче об'єднання « Селта» ННЦ «ІМЕСГ»; керівн. В.П.Горобей; викон. : В.А.Лузін [та інш.] – С., 2014. – 66с. – Інв. № 0114U000368.
142. Основы научных исследований /Л.Ф.Бабицкий, В.М.Булгаков, Д.Г.Войтюк, В.И.Рябец. – К.: НАУ. – 227 с.
143. Параев А.Г. Зависимость тягового сопротивления плуга от установки линии тяги// Земледельческая механика. Сборник трудов. под ред. В.А.Желинговского. – Том 4. М.: Машиностроение. – 1965. – С. 170 –178.
144. Педай Н.П. Комплексная механизация селекционно-опытных работ в России /Создание техники для механизации работ в селекции и семеноводстве зерновых и зернобобовых культур : материалы 12-й Всемирн.конф. по механизации полевых экспериментов .– Ассоциация содействия полевым экспериментам и исследованиям.Санкт-Петербург.– М.:ФГНУ«Росинформагротех», 2004. – С.50-57.
145. Перспективні можливості підґрунтового-розкидного способу сівби зернових культур / М.І. Самокиш, А.В. Рудь, С.М. Винничук, І.О. Мошенко // Механізація та електрифікація сільського господарства: між від. темат. наук. зб. – Глеваха, 2003. – Вип. 87. – С. 60-67.
146. Повидайло В.А. Расчет и конструирование вибрационных питателей/ В. А.Повидайло/ М.К.: Машгиз. – 1962.– 149 с.
147. Погорилый В. У каждого сошника свои козыри / В. Погорилый, Л. Шустик, С. Маринин / Зерно. – 2011. – № 12. – С. 90-93.

148. Погорілий В. Сошникові групи зернових сівалок для різних систем обробітку ґрунту / В. Погорілий, Л. Шустік, С. Маринін, Л. Мазурик // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. - Зб. наук. праць УкрНДПВТ. – Дослідницьке. - 2009. – Вип. 13(27). – Кн. 1. – С. 198-205.
149. Попович О.М. Автоматичні системи управління посівними машинами/О.М.Попович//Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України.-Серія: техніка та енергетика АПК.– К.,2010.–вип..144.– ч.3.– С. 118 - 125.
150. Посібник. Машина для обробітку ґрунту та сівби/ За ред. Кравчука В.І., Мельника Ю.Ф. Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – 2009. – 288 с.
151. Потеря чистосортности селекционного материала при выполнении механизированных полевых работ на селекционных участках/ Методические указания. О.С.Хариков, Э.В.Зозуля, Л.Н.Казанцева, А.В.Пешков /М.: ВНИИЗХ им. А.И. Бараева.1988.–16 с.
152. Проблемы и перспективы внедрения энергосберегающих технологий выращивания зерновых в Крыму/ Н.П.Полушкин, Л.А.Радченко, В.П.Горобей [и др.]/ Агромир/Газета Крымского гос. учебно-консульт. центра. № 47 (555) 18.12.2012.
153. Проблемы совершенствования и тенденции развития посевной техники / А.Бойко, Н.Свирень, П.Сысолин, Н.Петренко // Техніка АПК. – 2000. –№ 11-12. – С. 8-10.
154. Проекты отраслевых стандартов «Единая схема выполнения механизированных работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве зерновых и зернобобовых культур» .– М.:ВИМ1977.–64 с.

155. Проспект Продукция фирмы Amazone [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// www.amazone.com.ua](http://www.amazone.com.ua)
156. Проспект Продукция фирмы Wintersteiger [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.wintersteiger.com.ua>.
157. Проспект Продукция ООО Агро Украина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// www.agro-ukraine.com](http://www.agro-ukraine.com)
158. Проспект Каталог продукции малого совместного научно-производственного предприятия «Клен» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// www.klen.lg.ua](http://www.klen.lg.ua)
159. Проспект Сеялки (Плантеры) фирмы KINZE Manufacturing, Inc. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// www.kinze.com](http://www.kinze.com)
160. Пташук С. Темп і точність сівби / С. Пташук // Агробізнес сьогодні. – 2013. – №10. – Травень. – С.66-67.
161. Пьяных В.П. Механизация посева на втором и третьем этапах селекции и первичного семеноводства // Науч.тр./ Всерос. НИИ зернобобовых и крупяных культур., 1978, т.7,– С.163-177.
162. Пьяных В.П. Селекционные сеялки СКС-6-10 со сменными высевающими аппаратами/ В.П. Пьяных, Н.Н.Ульрих // Селекция и семеноводство. – 1979. –№2. – С.57-59.
163. Пытьев Ю.П. Математические методы интерпретации эксперимента / Ю.П. Пытьев. – М.: Высшая школа, 1989. – 351 с.
164. Разработки легких No-till сеялок в Китае / Ли Хонвень, Ван Квинжю, Ван Саоян и др. // Зерно. – 2009. – № 8. – С. 100-108.
165. Ралдугін М. Сівалки для українських ланів / М. Ралдугін // Техніка АПК. – 2006. № 4. – С. 22-23.
166. Рекомендации по применению терминов и определений в области механизации работ в селекции, сортоиспытании и первичном семеноводстве зерновых и зернобобовых культур.- Отраслевой стандарт 46

- 73-78. Параметры опытного поля, схемы посева и требования к типуажу посевных и уборочных машин в селекции сортоиспытании и первичном семеноводстве зерновых и зернобобовых культур.- Отраслевой стандарт 46 72-78. Параметры опытного поля, схемы посева и требования к типуажу посевных и уборочных машин в селекции сортоиспытании и первичном семеноводстве зерновых и зернобобовых культур. Требования к схемам посева, уборки и типуажу посевных и уборочных машин.– М.:Колос.–1979.– 33 с.
167. Рекомендации по усовершенствованию сошниковых узлов сеялок модельного ряда СЗ-3,6 / В.П.Горобей, В.А.Лузин, Н.Ю.Полякова, О.В.Бирюков/ МинАПП АР Крым.-Симферополь- смт. Гвардійське. ФОП Бражнікова Д.О. 2014.– 32 с.
168. Родимцев С.А. Исследование параллелограмного механизма подвески лапового сошника/ С.А. Родимцев, В.П. Пьяных/ Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2006. – № 7. – С. 11-13.
169. Розробити і дослідити систему автоматичного управління висівом насіння для селекційних сівалок: звіт про НДР (закл.) 22.12.06/Науково-виробниче об'єднання « Селта» ННЦ «ІМЕСГ»; керівн.О.Л.Красніченко; викон. : В.П.Горобей[та інш.] – С., 2006. – 103с. – Інв. № 0105U004806.
170. Розробити технічні засоби для механізації процесів у селекції і насінництві: звіт про НДР (закл.) 23.12.13 /Науково-виробниче об'єднання « Селта» ННЦ «ІМЕСГ»; керівн. В.П.Горобей; викон. : В.І.Токаренко [та інш.] – С., 2013. – 96с. – Інв. № 0111U003625.
171. Романов В.Н. Системный анализ для инженеров / В.Н.Романов. – СПб: СЗГЗТУ.–2013.–186 с.
172. Ромашин О. Ю. Сошник для розкидного способу сівби зернових культур / О.Ю. Ромашин, М.Л. Заєць // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2006. – № 4.– С. 87-89.

173. Рохлин А.С. Селекционная ручная сеялка СР-1М// А.С. Рохлин//Селекция и семеноводство. 1973. – №2. – С. 67.
174. Рохлин А.С. СН-16П с переменной колеей /А.С.Рохлин//Селекция и семеноводство. 1979. – №2. – С. 59-60.
175. Рохлин А.С. Селекционная навесная сеялка СН-10Ц /А.С.Рохлин//Селекция и семеноводство. – 1981. – №6. – С. 45-47.
176. Рудь А.В. Результати дослідження щілиноріза сівалки прямого посіву зернових культур/ А.В. Рудь, І.Л. Мошенко, В.М. Жалоба // Зб. наук. праць Вінницького нац. аграр. ун-ту. – Вінниця, 2012. – Вип. 20. – С. 160-169.
177. Руководство по механизации селекционно-семеноводческих процессов/[Алдошин И.Ф. [и др.] под ред.Г.А.Гоголева. –М.: АгроНИИТЭИИТО, 1988. –145 с.
178. Рунчев М.С. Перспективные направления научных исследований в области механизации сельского хозяйства/М.С.Рунчев// Системный анализ в разработке механизированных сельскохозяйственных технологий.– Сб.научн.трудов.–Зерноград.ВНИПТИМЭСХ,1984.–С.3-13.
179. Рыженко И.А. Исследование сошников зерновых сеялок для посева озимой пшеницы в засушливых условиях юга Украины: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. / И.А.Рыженко; Харьковский сельскохоз. ин-т им. В.В.Докучаева. – Х., 1983. – 20 с.
180. Рябцев Г.А. Влияние упругой подвески лап культиватора на энергетические и качественные показатели работы / Г.А.Рябцев; дис. ... канд. техн. наук // Мелитополь, 1967. –134 с.
181. Сакстон К.Е. Главный элемент сеялки / К.Е. Сакстон // Зерно. – 2007. – № 3. – С. 97-105.
182. Сало В.М. Обґрунтування технічних засобів для проведення прямої смугової сівби на прикладі культиватора розпушувача сівалки КРУ-4 /

- В.М. Сало, О.М. Гайденок, А.М. Темченко // НААН; Кіровоградський ін-т АПВ НААН, Кіровоградський нац. техн. ун-т. – Кіровоград, 2011. – 28 с.
183. Семеноводческий процесс сельскохозяйственных культур. Основные понятия. Термины и определения: ГОС Т20081-74 – Введ. 1975–07–01 – М.:Изд-во стандартов, 1974. – 28 с.
184. Синеоков Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин/ Г.Н.Синеоков, И.М.Панов.–М.:Машиностроение,1977.– 328 с.
185. Сисолін П. Забезпечення оптимальних норм висіву зернових культур за рахунок підвищення якості загортання насіння / П. Сисолін // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. праць УкрНДІПВТ. – Дослідницьке, 2003. – Вип. 6(20). – Кн. 1. – С. 68-72.
186. Сисолін П. Нові сошники для якісної сівби зернових культур / П. Сисолін, А. Бойко //Техніка АПК. – 2005. № 3-4. – С. 6-7.
187. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування/ П.В.Сисолін, В.М.Сало, В.М.Кропівний.– К.:Урожай,2001.–Книга 1.– 382 с.
188. Сысолин П.В. Почвообрабатывающие и посевные машины/П.В.Сысолин, Л.В.Погорелый. – К.:Феникс, 2005.–264 с.
189. Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання дослідно-конструкторських робіт. Загальні положення. ДСТУ 3974-2000.– К.:Держстандарт України.–2001.– 34 с.
190. Система техніко-технологічного забезпечення виробництва продукції рослинництва/за ред.. В.В.Адамчука, М.І.Грицишина. – К.:Аграр.наука, 2012.– 412 с.
191. Сівалки Great Plains для ведення безорного висіву//Пропозиція. – 2005. – № 2. – С. 104-107.

192. Скурятин Н.Ф. Исследование энергосберегающего способа посева зерновых с внесением удобрения/Н.Ф. Скурятин, А.В. Бондарев//Агротехника, -техника, -технологии. – 2011. – № 3. – С. 37-41.
193. Скурятин Н.Ф. Посевная секция зернотуковой сеялки/Н.Ф. Скурятин, С.В. Мерещкий, А.В. Бондарев//Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 9. – С. 48-50.
194. Спириин А.П. Противодефляционная обработка почвы/А.П.Спириин.–М.: Издательство ВИМ, 2006.– 248 с.
195. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин/ Под ред. М.И.Клецкина.– М.: Машиностроение, 1967.– Т.2.М. – С. 115-131.
196. Теорія вібраційних машин сільськогосподарського виробництва/ [М.В.Присяжнюк [та інш.]. – К.: Аграрна наука.– 2013.– С. 374.
197. Теория конструкция и производство сельскохозяйственных машин /Под ред.В.П.Горячкина/т.2. Теория.–М.-Л.: Сельхозгиз. –1936. –536 с.
198. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин/Под ред. Е.С.Босого/М.:Машиностроение. –1978. – 568 с.
199. Типаж технических средств для механизации полевых работ в селекции и первичном семеноводстве зерновых культур // Развитие механизации растениеводства и животноводства: Сб.научн.трудов; Под ред. В.Г.Егорова.– М., 2000.– С. 15-20.
200. Титаренко А.В. Сеялка селекционная универсальная ССУ-10 / А.В. Титаренко, А.Ф. Нужный, В.А. Пшеничный // Достижения науки и техники АПК. – 2005. – № 12. – С. 30-32.
201. Третьяк В.П. Влияние геометрической формы и скорости движения симметричных рабочих органов почвообрабатывающих машин на их тяговое сопротивление: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.П. Третьяк. – Киев, 1967. – 20 с.

202. Унифицированные методики первичного и элитного семеноводства зерновых, зернобобовых и крупяных культур//Отв. за выпуск В.Г.Вольф/ Методические указания. Харьков.-Украинский научно-исследовательский институт растениеводства, селекции и генетики им. В.Я.Юрьева. –1975.–44 с.
203. Ульрих Н.Н. Механизированный посев на селекционных участках/ Н.Н.Ульрих // Механизация и электрификация сельского хозяйства.– 1982.– №3. – С.4-8.
204. Ульрих Н.Н. Принципиальные основы создания системы и типажа мобильных селекционно-семеноводческих /посевных и уборочных машин /Н.Н.Ульрих / Тр. ВИМ. 1977. –Т.74. – С. 8-42.
205. Федоренко В.В. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів однодискових сошників сівалок / В.В. Федоренко, М.П. Романенко // Механізація та електрифікація сільського господарства: між від. темат. наук. зб. – Глеваха, 2005. – Вип. 86. – С. 241-246.
206. Хадаев В.А. Методика проведения и результаты испытаний рабочих органов культиватора/А.Б.Кудзаев,А.Э.Цгоев,В.А.Хадаев//Исследования по механизации садоводства и виноградарства. Сб.научн. трудов – Владикавказ, 2002.– С. 180-186.
207. Чиликин М.Г., Ивоботенко Б.А., Ратмиров В.А. Шаговые электродвигатели и устройства// М. Информстандартэлектро. 1967.–40 с.
208. Шайхов М.М. Обоснование параметров дисково-анкерного сошника полосного посева / М.М. Шайхов // Техника в сельском хозяйстве. – 2011. – № 2. – С. 12-13.
209. Шайхов М.К. Универсальная селекционно-фермерская сеялка / М.К. Шайхов , О.А.Сизов, М.М.Шайхов, Х.Х.Шайдуллин, Р.Х Шайдуллин, Ю.В.Еров.// Сельскохозяйственные машины и технологии.– 2014. –№3. – С. 39-43.

210. Шевченко В.Е. Селекционная сеялка ССФК-7 на посеве озимой пшеницы./ В.Е.Шевченко/ Селекция и семеноводство. 1973. №3. – С.62-64.
211. Шмат С.І. Можливості підвищення якісних показників дводискових сошників / С. І. Шмат, В. А. Резніченко // Зб. наук. праць Кіровоградського нац. техн. ун-ту. – Кіровоград, 2006. – Вип. 17. – С. 79-81. – (Сер. «Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація»).
212. Шовкопляс А.В. Повышение эффективности технологического процесса обработки почвы дисковым рабочим органом со сложным профилем: дис. ... канд. техн.наук: 05.05.11 / Шовкопляс Александр Викторович; Луганский нац. аграрн. ун-т. – Л., 2012. – 234 с.
213. Шрамко Л. Фактори вибору сівалки / Л. Шрамко // The Ukrainian Farmer. – 2013. – № 2. – С. 108-109.
214. Шустік Л. Вітчизняні сівалки для посіву зернових: проблеми та перспективи / Л. Шустік, В. Погорілий // Техніка АПК. – 2003.– № 1. – С. 23.
215. Экономико-технологическая эффективность эксплуатации модернизированных сеялок СЗ-3,6 полосного посева /М.К.Шайков, Х.Х.Шайдулин, Ю.В.Еров, Р.Х.Шайдулин//Агро-химия, -техника, - технологии. – 2011. – № 4. – С. 40-41.
216. Энергосбережение при возделывании зерновых в фермерських хозяйствах/В.Лузин, В.Горобей, А.Красниченко, Г.Труфанова/ Агромир.- Газета Крымского гос. учебно-консульт. центра. 07.12.2010.–№ 46 .
217. Эксплуатация машинно-тракторного парка.Учебное пособие/ под. общ.ред.Р.Ш.Хабатова . М.: ИНФРА – М, 1999.–208с.
218. Ярошко М. Види сівалок і посівних сошників / М. Ярошко // Сучасні аграрні технології. – 2013. – Травень. – С. 58-62.

219. Adamchuk V. Theory of two-disc anchor opener of grain drill/ V.Adamchuk, V. Bulgakov, V.Gorobey/Scientific and technical union of mechanical engineering/ International scientific conference «Conserving soils and water» 31.08.-03.09.2016. Burgas, Bulgaria/ Научни известия. Year XXIV, issue 21 (207). September 2016. – P. 71-74.
220. Betzwar. W. New developments with the Oyjord plotdrill the Seedmatic 6 and the new numeric precision spaced planter. /W. Betzwar /. Intern.Conf. on mech. of field experiments.1984. – P.55-62.
221. Betzwar. W. Seed distribution in trial plots /W. Betzwar /. Yortr. Fur Planzenzuchtung. – Bonn. 1991, H.20. – P. 198-204.
222. Bowring J.D.C. A four row experimental drill for vegetable trails/ J.Nat. Inst. Agr. Bot. 1977. Vol. 14 . №2.P.321-323.
223. Bulgakov V. Theory of the oscillations of a toothed disk opener during its movement across irregularities of the soil surface/ V. Bulgakov, V.Adamchuk, V.Gorobey/Agronomy Research/ v.14(2016).- N. 3.- P. 711-724.
224. Conley W. Plot planter for small-seeded vegetables /W.Conley, W. Waycott /. USDA Agricultural Research Service special report/ 1985. V. 2. P. 3-7.
225. Engel R.E. A small-plot seeder and fertilizer applicator / R.E. Engel; T. Fischer; J. Miller; G.Jackson Agronomy Journal/ –Madison, 2003 -Vol. 95,И5. – P. 1337-1341.
226. König G. Prüfstand zur Funktionsüberprüfung der Saereinheiten der Einzelkornsammaschine //G. König, K.Hasselbach/ –Agrartechnik. 1985. – P. 351-352.
227. Khan M. A combine seeder for wheat breeding/ M.Khan, W.Warren/ Intern.conf.on mech. Of field experiments.-1984.– P.79-85.
228. Kretschmar Sibylle Zur Wirkung Schar-Boden bei Einzelkornsammaschinen/ -Agrartechnik. 1988. V.38. №1. – P. 17-20.

229. Rossnagel B. An effective, efficient space plan ter for cereal crop research/ B. Rossnagel / Intern. Conf. on mech. Of field experiments. 1984.- P. 120-127.
230. Steven By E. John One drill for all establishment systems – is it possible ?/ By E. John Stevens, Paul K. Jarman, Peter Clarke, John G. Hampton Proceeding of the 12 International Conference and Exhibition on Mehanization of Field Experiments| 5-9 July 2004, Saint-Peterburg, Pushkin, Russia 2004.–P. 94-102.
231. Okada Y. Stadies on the procesion seeding/ Y.Okada, K. Ishikawa, M.Nagata /Seet metering property on the combination of input port and output one and analisis of transfer distribution by simulation. –J. Soc.Agr.Mach.Japan. 1982.– Vol.44.-№2/ –P. 299-305.
232. Wiseman B.R. A sorghum planter for small experimental plots./ B.R. Wiseman., R. Johnson., N.W. Widstrom, W.W. McMillian “Argon.J.” , 1972. 64. P. 557-558.
233. Wilkins D.E. A microprocessor-controlled planter/ D.E. Wilkins, D.N.Lenker / . Trans. ASAE. St. Joseph. Mich. 1981. Vol. 24. №1.– P. 2-4.
234. А.с. 820696 СССР МПК А 01С 7/02 Порционный высевающий аппарат селекционной сеялки/ Р.Д.Ахламов, М.Л.Вайсман, А.П.Зинченко,Г.М.Сапожников (СССР).–№ 2813261/30-15; заявл. 27.08.79; опубл.15.04.81, Бюл. № 14.
235. А.с. 897137 СССР МПК А 01С 7/00 Селекционная сеялка/ Р.Д.Ахламов, М.Л.Вайсман, А.П.Зинченко, Г.М.Сапожников (СССР).–№ 2948648/30-15; заявл. 02.07.80; опубл.15.01.81, Бюл. № 2.
236. А.с. 183515 СССР МПК А 01С 7/20 Комбинированный сошник / /А.Ф.Чиркунов, И.Н.Лейнов (СССР).–№ 919372/30-15; заявл.01.09.64; опубл.15.05.67, Бюл. № 14.
237. А.с. 214216 СССР МПК А 01С 7/08 Сеялка селекционная/ /Б.И.Селиванов, А.Г.Поляков, Ю.В.Ермаков, Н.Н.Ульрих, А.А.Репчанский,

- Л.Е.Кацнельсон, П.К.Никонов, Е.Н.Конюшков (СССР).–№ 1073335/30-15; заявл.29.04.66; опубл. 20.03.68, Бюл. № 11.
238. А.с. 1011068А СССР МПК А 01С 7/02 Конусный высевающий аппарат / В.П.Пьяных, Н.А.Нестепанин, В.А.Савкин, Б.И.Селиванов (СССР).– № 3387172130/130-15; заявл. 30.11.81; опубл.15.04.83. Бюл.№14.
239. А.с. 1230491 СССР 4А 01С 7/00, 5/04 Сеялка / И.И.Гуреев, Л.И.Шумеева (СССР).– № 3642652/30-15; заявл. 22.07.83; опубл. 15.05.86.
240. А.с. 1688796 СССР А01С7/20/ Сошник А.П.Коломиец (СССР).– №472443415; заявл.27.07.91; опубл.07.11.91, Бюл.№ 41.
241. А.с. 1273006 СССР, пат. №7780UA А01С7/20 Сошник /В.А.Насонов; В.А.Зырянов; И.И.Зайцев; М.С.Хоменко (СССР).– № 3911802/ SU; заявл. 19.05.85; опубл. 26.12.95, Бюл. №4.
242. А.с. 1329653 СССР МПК А 01С 7/20 Сошник /Ю.Ф.Кучеренко, В.Н.Гончаренко, Е.А.Капитоненко, А.Л.Калашник, М.А.Моргунова (СССР).–№ 1073335/30-15; заявл.11.06.85; опубл.31.03.87, Бюл. № 30.
243. А.с. 1276277 СССР МПК А 01С 7/02 Аппарат порционного высева селекционной сеялки Текст / А.А.Сухачев, С.А.Мартыненко, А.С.Магопец, Н.И.Цепа, А.Ф.Подковский (СССР). № 3885746/30-15; заявл. 25.02.85; опубл.15.10.86, Бюл. № 46.
244. А.с. 917742 СССР МПК А 01С 7/00 Сеялка селекционная / Н.А.Шабала, А.И.Фукс, Е.А.Карауш, А.В.Казанжи, С.И.Бузу (СССР) № 2865736/30-15; заявл. 07.04.82; опубл. 07.04.82, Бюл. № 13.
245. А.с. 1701127 СССР МКИ А 01В 23/06 Рабочий орган дисковой бороны / З.М.Мамаев, О.Ф.Паршина, В.В.Ямщиков, С.М.Габриелян (СССР).– № 4628969/15; заявл. 30.12.88; опубл. 30.12.91, Бюл. № 48. Рис.1.35-2
246. Декл. пат. 68031 Україна, МПК А 01 С 7/00 Стенд для досліджень висівних апаратів /В.П.Горобей, О.Л.Красніченко, В.Л.Солецкий, О.Є.Тарімов,

- Г.М.Мироненко; заявник і патентовласник Науково-виробниче об'єднання «Селта» Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» Української академії аграрних наук.– № 2003088073; заявл. 29.08.03; опубл. 15.07.04, Бюл. №7.
247. Декл. пат. 70654А Україна, МПК А 01 С 7/00 Сівалка навісна селекційна СНС-16АМ/ В.П.Горобей, О.Л.Красніченко, В.Л.Солецкий, О.Є.Тарімов, О.П.Дзюман; заявник і патентовласник Науково-виробниче об'єднання «Селта» Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» Української академії аграрних наук України.– № 20031211996; заявл. 22.12.03; опубл.15.10.04, Бюл. № 10.
248. Пат. 55778 Україна, МПК А 01 С 7/00 Стенд для досліджень режимів роботи висівних апаратів /В.П.Горобей, О.Л.Красніченко, В.Л.Солецкий, О.Є.Тарімов, Г.М.Мироненко; заявник і патентовласник Науково-виробниче об'єднання «Селта» Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» Української академії аграрних наук.–№ 2002064944; заявл.17.06.02; опубл.15.05.06, Бюл. № 5.
249. Пат. 58026А Україна, МПК А 01 С 7/00 Вібраційний висіваючий апарат/В.Л.Солецкий, В.П.Горобей, О.Л.Красніченко, О.Є.Тарімов; заявник і патентовласник Науково-виробниче об'єднання «Селта» Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» Української академії аграрних наук України.–№ 2002076294; заявл. 29.07.02; опубл.15.07.03, Бюл. №7.
250. Пат. 55609 Україна, МПК А 01 С 7/00 Сівалка навісна селекційна СНС-16А/В.П.Горобей, О.Л.Красніченко, В.Л.Солецкий, О.Є.Тарімов; заявник і патентовласник Науково-виробниче об'єднання «Селта» Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського

господарства» Української академії аграрних наук.–№ 2001128540; заявл. 12.12.01; опубл. 6.08.04, Бюл. № 8.

251. Пат. 88696 Україна, МПК А 01 С 7/00 Сошник для смугового висіву зернових культур/ В.П.Горобей, В.А.Лузін, О.Л.Красніченко; заявник і патентовласник Науково-виробниче об'єднання «Селта» Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» Української академії аграрних наук.– № а200714097; заявл. 14.12.07; опубл. 11.03.08, Бюл. № 5.
252. Пат. 93837 Україна, МПК А 01 С 7/00 Дводисковий комбінований сошник /В.П.Горобей, В.А.Лузін, О.Л.Красніченко; заявник і патентовласник Науково-виробниче об'єднання «Селта» Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» Української академії аграрних наук.– № а201006315; заявл. 25.05.10; опубл. 10.03.11, Бюл. № 5.
253. Пат. 106315 Україна, МПК А 01 С 7/00 Комбінований сошниковий вузол до сівалок модельного ряду СЗ-3,6 / В.П.Горобей, В.А.Лузін, М.К.Лінник; заявник і патентовласник Науково-виробниче об'єднання «Селта» Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» Української академії аграрних наук України.– № а201306890; заявл. 01.06.13; опубл. 11.08.14, Бюл. № 15.
254. Пат. 107439 Україна, МПК А 01 С 7/00 Сівалка навісна селекційна касетна СНСК-6 / В.П.Горобей, М.А.Литвиненко, В.М.Булгаков, А.М.Макаліш, С.С.Старчиков; заявник і патентовласник В.П.Горобей - № а201405420; заявл. 21.05.14; опубл. 25.12.14, Бюл. № 24.
255. Пат. 107775 Україна, МПК А 01 С 7/00 Сівалка навісна селекційно-насіницька СНС-16АП/ В.П.Горобей; заявник і патентовласник В.П. Горобей. – № а201405418; заявл. 21.05.14; опубл. 10.02.15, Бюл. № 3.


256. Рішення про видачу патенту на винахід № 19190,3А/16 від 15.09.2016. Україна, МПК А 01 С 7/00 Сошниковий вузол для селекційних сівалок / В.П.Горобей, В.М.Булгаков, В.В.Адамчук; заявник і патентовласник В.П.Горобей. – № а201501905; заявл. 03.03.15.
257. Пат. на к.м. 73919 Україна, МПК(2012.01) А 01 С 7/00 Сошник культиваторного типу для розкидного висіву насіння / В.П.Горобей, В.А.Лузін; заявник і патентовласник Науково-виробниче об'єднання «Селта» Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» Національної академії аграрних наук України.–№ u201204041; заявл.04.02.12; опубл.10.10.12, Бюл. № 19.
258. Пат. на к.м. 74842 Україна, МПК(2012.01) А 01 С 7/00 Сівалка прямого посіву / В.М. Жалоба; заявник і патентовласник Жалоба В.М.–№ u201205552; заявл. 07.05.12; опубл.12.11.12, Бюл. № 21.
259. Пат. 382756 Австрія МКИ А01С 7/04 Handgerat fur die Finzelausaat/Laschbacher Kajetan.;–заявл. 15.03.83; опубл. 10.04.87.
260. Пат. 134813 ПНР МКИ G01 09/42 А01С 19/00 Sposob rejestracji procesu wysiewu nasion/ Keska Wtodzimierz, Kosmicki Zdziskaw, Politechnika Poznanska. – № 233070; Заявл. 16.09.81; Опубл. 31.12.86.
261. Пат. 2088067 Российская Федерация МПК А01 С 7/00 Сеялка/ В.И.Пындак, И.П.Кружилин,А.М.Салдаев, Т.Н.Дронова; заявитель Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия.–№2008130341/12; заявл. 22.07.2008; опубл. 20.03.2010.
262. Пат. 2374800 Российская Федерация, МПК А 01В 23/06 Дисковый рабочий орган/Б.М.Кизяев, А.В.Шуравилин, В.В.Бородычев, А.М.Салдаев, В.Т.Скориков. –№ 2008130319/12; заявл. 22.07.08; опубл.10.12.09, Бюл. № 34.

263. Пат. 2384039 Российская Федерация МПК А01 С 7/00 Посевная секция зернотуковой сеялки/ А.Н.Скuryтин, Н.Ф.Скuryтин, А.П.Плешков, С.В.Мерецкий; заявитель ФГОУ ВПО БелГСХА; патентообладатель: А.Н.Скuryтин, Н.Ф.Скuryтин, А.П.Плешков, С.В.Мерецкий.– №2008130341/12; заявл. 22.07.2008; опубл. 20.03.2010.
264. Пат. 752036 Румынии МКИ А 01 С 04 Stand pentru determinarea uniformitatii de distributie a semintelor la distribuitoarele pentru plante prasitoare/ Raicu Ilie, Farin Hristu, Nae Aurel, Vidrascu Mircea.– Institutul de cercetari si proiectari masini agricole. Bucuresti.; заявл. 04.12.74; опубл. 31.08.78.
265. Пат. 4114543 США МКИ А 01 С 5/02 Seed planting device with automatic seed covering / Mitchell Roderik A.;– заявл. 04.04.86; опубл. 23.06.87.
266. Пат. 3927400 США МКИ G 08 В 21/00 Efficiency monitoring system seed planting apparatus / Knepler John T. – Dickey-john Corp.; заявл. 16.07.73; опубл. 16.12.75.
267. Пат. 4085862 США МКИ G 07 F 11/00 Automatically controlled seed planter / Steffen David Eugene.–Dickey-john Corp.; заявл. 08.10.76; опубл. 25.04.78.

ДОДАТОК А

Українська академія аграрних наук
 Національний науковий центр
 «Інститут механізації і електрифікації сільського господарства»
 Науково-виробниче об'єднання «Селта»
 (НВО «Селта»)
 95034, м. Сімферополь, вул. Київська, 76
 тел.. (0652) 274969 факс 256131

ЗАТВЕРДЖЕНО
 Директор НВО «Селта»
 д-р техн. наук, чл.-кор.УААН
А.Л. Красніченко
 «23» листопада 2009г.



**ПРОЕКТ
 ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ
 НА ДОСЛІДНО КОНСТРУКТОРСЬКУ
 РОБОТУ**

Підготувати до виробництва сівалку для селекційно-насінницьких робіт
 СНС-16.00.000.ТЗ

ПОГОДЖЕНО

Заст. директора з наукової роботи

В.П. Горобей
 В.П. Горобей
 «27» 11 2009г.

Зав. конструкторським відділом

П.М. Товстогуз
 П.М. Товстогуз
 «27» 11 2009г.

2009

Проект ТЗ ДКР розглянуто НТС
 НВО «Селта» ННЦ «ІМЕСГ»

Українська академія аграрних наук

ЗАТВЕРДЖЕНО

Директор ННЦ «Інститут
механізації і електрифікації
сільськогосподарства»

Директор ННЦ, академік УААН
Я. С. Гуков
2008р.



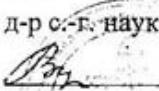
**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
НА ДОСЛІДНО-КОНСТРУКТОРСЬКУ РОБОТУ**

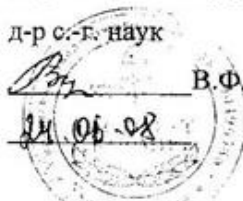
Розробити сівалку з апаратом
центрального розподілу СЦН-10

Діє з доповненням _____

УЗГОДЖЕНО

Директор інституту кормів УААН
д-р с.-г. наук


В.Ф. Петриченко
24.06.08



Директор НВО «Селта»

ННЦ «ІМЕСГ» УААН

чл.-кор. УААН
О.Л. Красніченко



ЗАТВЕРДЖЕНО


 Директор ННЦ „ІМЕСГ”
 академік НААН

В.В. Адамчук

2011 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА ДОСЛІДНО-КОНСТРУКТОРСЬКУ РОБОТУ

Розробити сівалку навісну селекційну касетну СНСК-6
СНСК-6.00.000 ТЗ

Діє з доповненням _____

ПОГОДЖЕНО


 Директор СЦІ-НЦНС
 чл.-кор. НААН

 В.М. Соколов
 2011 р.

 Директор НВО „Селта”
 чл.-кор. НААН

 О.Л. Красніченко
 2011 р.

ДОДАТОК Б

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор Генічеської дослідної
станції Інституту зернового
господарства УААН

І.В. Костира
21 листопада 2006 р.



ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор НВО „Селта”
ННЦ „ІМЕСГ” УААН

О.Л.Красніченко
21 листопада 2006 р.



А К Т

досліджень сівалки навісної СС-16 (по типу СН-16) з
системою автоматичного управління висівом насіння

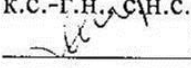
Від НВО „Селта” зав. лабораторією розробки та досліджень селекційної техніки в рослинництві, к.т.н., с.н.с. Горобей Василь Петрович і від Генічеської дослідної станції керівник групи технології вирощування кукурудзи, к.с.-г.н, с.п.с. Остапенко Микола Антонович засвідчують результати дослідних випробувань сівалки навісної СС-16 (виробництва НВО „Селта”, заводський № 1) обладнаної системою автоматичного управління висівом насіння в умовах Генічеської дослідної станції. Випробування проведені на дослідному полі вздовж дороги на Генічеську станцію довжиною 180 м, що примикає до центральної автодороги Харків-Сімферополь. Сівалка агрегувалась з трактором МТЗ-82 і приводилась в рух на дев'яти (з першої по дев'яту) передачах. Дослідження проводили при висіві озимої пшениці „Селянка”. Механічна коробка передач була повністю відключена. Задане передаточне число обертів з датчика колеса на вал з котушковими висіваючи ми апаратами підтримувала виключно система автоматичного управління висівом. Результати дослідження закладеного 17 жовтня 2006 р. оброблені 15 листопада 2006 р. і представлені в таблиці 1.


Таблиця 1. Залежність норми висіву насіння, сходів озимої пшениці від швидкості руху сівалки агрегатованої з МТЗ-82

Передача	Густина сходів			
	I повтор., шт./м ²	II повтор., шт./м ²	середнє з 2-х, повторн., шт./м ²	млн. шт./га
9	336	334	335	3,35
8	335	337	336	3,36
7	337	335	337	3,37
6	346	332	339	3,39
5	320	334	327	3,27
4	329	341	335	3,35
3	328	336	332	3,32
2	340	330	335	3,35
1	332	330	331	3,31

Аналіз даних представлених в таблиці 1 показує, що при різних швидкостях руху сівалки норма висіву складає від 327 до 339 шт/м², що задовольняє вимогам до насінницьких сівалок.

Система автоматичного управління стало виконує технологічний процес висіву.

Представник Генічеської
дослідної станції,
к.с.-г.н., с.н.с.

М.А. Остапенко

Представник НВО „Селта”
завідуючий лабораторією
к.т.н., с.н.с.

В.П. Горобей

ДОДАТОК В

УЗГОДЖЕНО:

Директор Південно-Української філії
УкрНДІПВТ ім. Л.Погорілого


О.П.Митрофанов
« 10 » серпня 2014р.

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Директор Інституту зрошувального
землеробства НААН України


В.В.Водянова
« 10 » серпня 2014р.

Акт

проведення випробувань і виробничої апробації комбінованих дводисково-анкерних сошників на сівалку СН-16

Випробування комбінованих дводисково-анкерних сошників з новими технічними рішеннями (патенти України №88696 «Сошник для смугового висіву зернових культур», заявка від 14.12.2007, опубл. 10.11.2009, бюл. №21; №93837 «Дводисковий комбінований сошник», заявка від 25.05.2010, опубл. 10.03.2011, бюл. № 5), розроблених і виготовлених в НВО «Селта» ННЦ «ІМЕСГ», проведено під час програмних посівів з 15 квітня по 15 травня 2014р. в Інституті зрошувального землеробства НААН м.Херсон, сел. Наддніпрянське, разом з Південно-Українською філією УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, м. Херсон, сел. Жовтневе, відповідно до Договору про творчу співпрацю між НВО «Селта» ННЦ «ІМЕСГ» та ІЗЗ НААН від 10.02.2014р., та Договору про спільну діяльність між ІЗЗ НААН та ПФ УкрНДІПВТ за наступною програмою агротехнологічних досліджень:

1. Дослідження проведено в польовій зернопаропросапній сівозміні на темно-каштановому-середньосуглинковому ґрунті. Просо в сівозміні розміщено після пшениці озимої, основним обробітком була оранка на глибину 20-22 см. Рано на весні провели боронування, а при настанні оптимальних строків сівби здійснили передпосівну культивуацію на рекомендовану глибину загортання насіння від 3 до 5 см. До сівби приступили безпосередньо після завершення культивуації. Сівбу проводили сівалкою СН-16 в агрегаті з трактором Т – 25. Сівалка обладнана 13 сошниками з яких: 7 шт. – комбіновані дводисково-анкерні; і 6 шт. – базові дводискові, (рис. 1).
- 1.1. Провели порівняльне визначення глибини загортання насіння проса при використанні сошників різної конструкції і оцінку їх впливу на рівномірність отримання сходів і розвитку рослин:
 - а) сівба на глибину 3 см – глибина дотримана, сходи дружні при сівбі сошниками обох конструкцій, отримано на 8 день ;
 - б) сівба на глибину 4 см глибина дотримана, сходи дружні при сівбі сошниками обох конструкцій, отримано на 9-10 день;

в) сівба на глибину 5 см глибина дотримана, сходи дружні при сівбі сошниками обох конструкцій, отримано на 12 день.



Рис.1. Загальний вигляд сівалки СН-16, обладнаної комбінованими дводисково-анкерними сошниками.

- 1.2. Проведено оцінку якості сівби (глибини загортання, рівномірності розподілу насіння) залежно від швидкості руху посівного агрегату та типу сошника при агрегуванні з трактором Т-25 на швидкостях:
- а) При сівбі на швидкості 7,2 км/год – обидва типи сошників забезпечували дотримання глибини і рівномірності розподілу насіння в результаті сходи отримано рівномірні і дружні;
 - б) При сівбі на підвищеній швидкості 9,6 км/год – анкерно-дискосий тип сошників забезпечував більш точне дотримання глибини і рівномірності розподілу насіння в результаті сходи отримано рівномірні і дружні;
 - в) При сівбі на швидкості 14,5 км/год – дотримання глибини і рівномірності розподілу насіння анкерно-дискосий тип сошників забезпечував завдяки висіву на насіннєве ложе, яке створював

анкер, що встановлений на пружинній підвісці між дисками так, що його відхилення незважаючи на швидкість висіву дотримує глибину загортання насіння в межах агротехнологічного допуску;


г) Хороший ефект забезпечувала робота прикочуючи коточків, якими були обладнані дводисково-анкерні сошники нової конструкції.


- 1.3. Розвиток рослин проса при сівбі комбінованими сошниками з різною швидкістю руху агрегату істотно впливає на початковий ріст і розвиток рослин не має. Кількість рослин на погонному метрі складає 21-22 шт., що в перерахунку на один гектар складає 1,4-1,5 млн. рослин.
2. Завдяки обладнанню дводискових сошників додатково сошниками анкерного типу так, що в результаті комбінований дводисково-анкерний сошник, виключає інерційність виносу насіння за межі агротехнічного допуску на підвищених швидкостях сівби та прикочуючими коточками, встановленими з можливістю регулювання свого положення встановлені переваги сошників з новим технічним рішенням. Економічний ефект у грошовому виразі може складати від 300 до 900 грн./га порівняно з висівом стандартними дводисковими сошниками в залежності від насіння, що висівається.
3. **Рекомендації:** враховуючи необхідність скорочення витрат матеріально-технічних і грошових ресурсів в технологіях вирощування сільськогосподарських культур є доцільність обладнання малогабаритних сівалок СН-16 комбінованими дводисково-анкерними сошниками з прикочуючими коточками.

Заступник директора з
науково-інноваційної роботи ІЗЗ
НААН

 М.П.Малярчук

Завідувач лабораторії
неполивного землеробства ІЗЗ
НААН

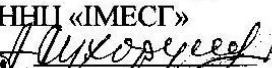
 А.М.Коваленко
Старший науковий співробітник
лабораторії неполивного
землеробства ІЗЗ НААН

 Г.З. Тимошенко

Заступник директора НВО «Селта»
ННЦ «ІМЕСГ», науковий керівник
розробки

 В.П.Горобей

Завідувач експериментально-
виробничим відділом НВО «Селта»
ННЦ «ІМЕСГ»

 А.М.Сухоруков
Заступник директора з наукової та
випробувальної діяльності Південно-
Української філії УкрНДІПВТ ім.Л
Погорілого

 А.О. Мігальов

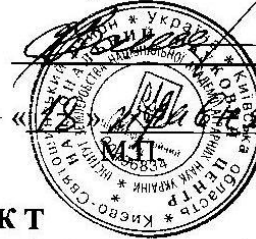
ДОДАТОК Г

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ННЦ «Інститут
землеробства НААН»

В.Ф.Каміньський

2014р.



А К Т

**впровадження результатів науково-дослідних,
дослідно-конструкторських та технологічних робіт**

Даним актом стверджується, що результати роботи з виконання ПНД «Розробити технічні засоби механізації і автоматизації селекційно-насіницьких процесів в рослинництві загального призначення» 40.07-108, за завданнями: 40.07-108.01 «Розробити та дослідити систему автоматичного управління висівом насіння для селекційних сівалок» № ДР 0105U004806, строки виконання 2004-2006рр. та 40.07-108.04 «Розробити привід котушкових висівних апаратів сівалок з використанням крокового двигуна», № ДР 0107U006142, строки виконання 2007-2009рр. впроваджені Національним науковим центром «Інститут землеробства НААН»

назва підприємства, де здійснювалось впровадження

1. Вид впроваджуваних робіт: За підсумками попередніх досліджень залежності норми висіву насіння від швидкості сівалки на макеті системи електронного управління висівом насіння (СУВН) котушковими висівними апаратами на спеціально виготовленому стенді, моделюючому висівний апарат сівалок СН-16П,(СС-16) в повну величину, з застосуванням в якості його приводу колекторного двигуна постійного струму, напругою 12В (що відповідає напрузі електробортової системи трактора) проведених в лабораторних умовах НВО «Селта»ННЦ «ІМЕСГ) було модернізовано конструкцію сівалки навісної селекційно-насіницької СН-16П в частині висівного апарату (з механічним приводом котушкового висівного апарату) до конструктивних рішень сівалки СНС-16А (з системою автоматичного управління висівом насіння) та передано ННЦ «Інститут землеробства НААН» для сівби зернових, зернобобових, круп'яних культур і трав на дослідних ділянках.

технології, сорти, породи, лінії, гібриди, препарати, машини, тощо

2. Масштаби впровадження: Площі дослідних ділянок, що засіваються навісними селекційно-насіницькими сівалками типу СНС-16А складають 11 га.

3. Новизна результатів науково-дослідних робіт: Новизна полягає в тому, що в сівалці СН-16П, що містить раму, зубчато-цепний передавальний механізм приводу вала висівних апаратів, насінневий ящик, сошниковий брус з дводисковими сошниками, опоро-приводні колеса, насіннепроводи, опорні ніжки, дошку для ніг і загортачі виключається механічний зубчато-цепний передавальний механізм приводу вала висівних апаратів сівалки і замінюється на електропривід, живильний від електричної системи трактора, механічно не зв'язаний з привідним колесом сівалки. На колесі сівалки(емуляторі колеса на стенді) встановлюється датчик обертів (КС). Імпульси з датчика КС автоматично обробляються в блоці управління і, по заданій програмі, здійснюється управління електроприводом вала. Блоки управління для колекторного двигуна поетапно були розроблені в двох варіантах: аналоговий і цифровий. Для виробництва застосовується цифровий мікропроцесорний блок управління, що дозволяє плавно, в широкому діапазоні, регулювати норму висіву насіння, виконувати висів з високою точністю(згідно з патентами України № 55778 А01С7/00 G01L9/00 «Стенд для досліджень режимів роботи висівних апаратів» 15.05.2006., Бюл.№ 5; № 55609 А01С7/00 Сівалка навісна селекційна «СНС-16А» 16.08.2004.Бюлл.№8).

4. Дослідно-промислова перевірка: Результати НДР використані при сівбі насіння гречки, сої та проса різних сортів, на дослідних полях відділів селекції та насінництва зернобобових і круп'яних культур ННЦ «Інститут землеробства НААН», з 20 04. 2014 по 10.05.2014р., згідно затвердженим планам по завданням програми науково-дослідних робіт по селекції і насінництву зернобобових і круп'яних культур .

5. Річний економічний ефект у грошовому виразі: Економічний ефект складає 0,4-0,8 тис.грн./га

6. Соціальний і науково-технічний ефект: Запропоновано нове технічне рішення для сівалок з котушковими висівними апаратами. Встановлено, що при електроімпульсному управлінні валом з котушковими висівними апаратами розширюються можливості технологічного контролю, селекціонером за його потребами, процесу селекційно-насінницьких посівів. Розроблена система управління висівом насіння з електроприводом валу з висівними апаратами сівалки СН-16П(СС-16) і електронним блоком управління, за результатами впровадження, задовольняє агротехнічним вимогам до селекційно-насінницької сівалки, при цьому зменшується металоемкість сівалки, її тяговий опір, відповідно витрати пального, виводяться з експлуатації ланцюги та громіздка коробка передач з шестернями, яка в базовій сівалці здатна забезпечувати понад 80 програмних передач з технічно-технологічними переналагодженнями в умовах механічної майстерні, в той час коли система електронного управління

висівом насіння в найпростішому варіанті забезпечує 250 передаточних відношень і, відповідно, більш раціональне використання насінницького матеріалу. Крім того вал з катушковими апаратами переустановлюється з тефлонових втулок (в базовій конструкції) на підшипники, що також підвищує точність і надійність процесу сівби.

Даний акт у фінансових операціях участі не приймає

Заступник директора з наукової роботи
НВО «Селта» ННЦ
«ІМЕСТ» НААН,
керівник розробки



В.П.Горобей

Зав. еспериментально-виробничим відділом

 А.М.Сухоруков

Погоджено:

Головний науковий співробітник
ННЦ «Інститут землеробства»
НААН



В.Г.Михайлов

Зав. селекційно-насінницьким комплексом



М.О.Криворот

Зав. відділом селекції і насінництва зернобобових культур



О.З.Щербина

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор НВО «Селта»
 ННЦ «ІМЕСГ»
 В.Ф.Камінський
 2014р.
 СМТ. Чабани

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ННЦ «Інститут
 землеробства НААН»
 О.Л.Красніченко
 «11 лютого 2014р.

«11» лютого 2014р.

АКТ
про передачу матеріальних цінностей

По дійсному акту згідно Договору про творчу співпрацю між Національним науковим центром «Інститут землеробства НААН» і Науково-виробничим об'єднанням «Селта» Національного наукового центру «Інститут механізації і електрифікації сільського господарства» Національної академії аграрних наук України від 04 лютого 2014р. заступник директора з наукової роботи НВО «Селта» ННЦ ІМЕСГ Горобей В.П. передав, а завідуючий селекційно-насінницьким комплексом ННЦ «Інститут землеробства НААН» Криворот М.О. прийняв систему електронного управління катушковим висівним апаратом селекційно-насінницьких сівалок СН-16 (СН-16 виробництва НВО «Селта» ННЦ «ІМЕСГ») для досліджень при сівбі зернових, зернобобових, круп'яних культур і трав на дослідних ділянках та використання у весняно-польовий період.

Для проведення досліджень та використання системи автоматичного управління висівом насіння на сівалці СН-16 відключається механічна коробка передач, вал з катушковими висівними апаратами переводиться з тефлонових втулок на підшипники кочення, закріплюються датчик пройденого шляху та мотор-редуктор.

Система електронного управління нормою висіву насіння катушковим висівним апаратом включає:

- мікропроцесорний блок;
- мотор-редуктор;
- датчик пройденого шляху;
- інструкцію по експлуатації.

Передав

 Горобей В.П.
 «11» лютого 2014р.

Прийняв

 Криворот М.О.
 «11» лютого 2014р.

ДОДАТОК Д

ПОГОДЖЕНО

Директор Інституту сільського господарства Криму НААН
землеробства НААН
В.С.Паштецький
2013р.



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор селекційно-генетичного інституту- Національного центру насінництва та сортовивчення
В.М.Соколов
«20» жовтня 2013р.



А К Т

**про впровадження результатів науково-дослідних,
дослідно-конструкторських та технологічних робіт**

Даним актом актом стверджується, що результати роботи
33.01.00.27.П Розробити технічні засоби для механізації процесів у селекції і насінництві
назва теми , № державної реєстрації
№ д/р 0111U003625
2011-2013рр. вартістю без вартісної оцінки
строки виконання цифрами та прописом

впроваджені Селекційно-генетичним інститутом - Національним центром насінництва та сортовивчення НААН
(назва підприємства, де здійснювалось впровадження)

1. Вид впроваджуваних робіт За підсумками досліджень, проведених на Генетичській дослідній станції Інституту сільського господарства степової зони НААН, лабораторних умовах ґрунтового каналу ПФ «КАТУ» НУБіП України, Інституті сільського господарства Криму передано Селекційно-генетичному інституту- Національному центру насінництва та сортовивчення НААН комбіновані дводискові сошники до селекційно-насінницьких сівалок СЦН-10; ССК-6; СН-16 (СС-16), сівалок модельного ряду СЗ-3,6 для сівби зернових і зернобобових культур .
(технології, сорти, породи, лінії, гібриди, препарати, машини, тощо)

2. Масштаби впровадження Комплект комбінованих дводискових сошників в кількості 10-ти впроваджені у висівному апараті сівалки СЦН-10 для III етапу селекційних робіт для сівби на ділянках зернових і зернобобових культур, впроваджено на площі 30га
(площа, поголів'я, кількість вузлів, комплектів машин, тощо)

3. Новизна результатів науково-дослідних робіт Вперше розроблено конструкційну схему дводискового комбінованого сошника. Сошник складається з корпусу, в якому на осях встановлені з можливістю обертання кутом вперед по ходу руху сошника два плоскі диски . Між дисками з корпусом сполучений тримач, що складається з двох шпків . У порожнину, утворену щоками, вставлена кілеподібна частина комбінованого сошника, що має розтруб і наральник і прикріплена до корпусу пружиною, а до шпків тримача – за допомогою шарнірної підвіски , яка розташована відносно ходу сошника ззаду кілеподібної частини.

(за результатами патентних досліджень або згідно з авторськими свідоцтвами)

При русі сошника диски обертаються на осях, відкривають насінневу борозенку. Вставлена в порожнину тримача, утворену щокрами, і підвішена до нього за допомогою шарнірної підвіски кілеподібна частина сошника пружиною приймається нижньою частиною наральника до дна насінневої борозенки і ущільнює його. Насіння, падаючи з висівного апарату посівної машини, приймається розтрубом кілеподібної частини сошника і прямує по ньому на дно борозенки. (згідно з патентами України №88696 С2 МПК (2009) А01С 7/00 Сошник для смугового висіву зернових культур; № 93837С2 МПК (2011) А01С 7/00. Дводисковий комбінований сошник).

4. Дослідно-промислова перевірка. Сівалка вкомплектована дводисковим сошником, з кілеподібною частиною, шарнірно прикріпленою між дисками до корпусу сошника забезпечує підвищення рівномірності глибини закладення насіння шляхом унеможливлення підйому нижньої частини наральника на висоту, що не перевищує величину агротехнічного допуску Δ агр.(згідно з патентом України № 93837), акт випробування від 24.10.2012р.

(номер, дата актів випробування, назва підприємства)

5. Річний економічний ефект у грошовому виразі При середній врожайності насінневого зерна 4,5т/га прибавка врожаю на 5-7% при використанні для сівби комбінованих дводискових сошників за рахунок підвищення схожості порівняно з висівом стандартними дводисковими сошниками, що в грошовому виразі станом на даний час складає 650-900грн./га.

6. Соціальний і науково-технічний ефект При виробництві високоякісного зерна пшениці, а також насінневого матеріалу на півдні України все ще актуальна технологія чистих парів. Крім оранки, підготовка ґрунту під посів потребує проведення, в залежності від кількості опадів п'яти –шести культиваций паровими культиваторами з плоскоріжучими лапами. Культивация необхідні для знищення бур'янів так і порушення капілярності ґрунту, що створюється під час випаровування вологи. В процесі обробки створюється щільне ложе на глибині заробки насіння яке до моменту сівби навіть в достатньо суху осінь залишається вологим. Насіння, що попало на нього швидко проростає. Основним недоліком дводискового сошника, яким вкомплектовані вітчизняні селекційно-насінницькі сівалки, а також сівалки модельного ряду СЗ-3,6 являється підвищена нерівномірність глибини заробки насіння, особливо на підвищених швидкостях сівби. Насіння, що попадає в борозенку, що відкривається поблизу обертаючихся дисків викидається в верхню частину і на ложе не попадає. В комбінованому сошнику насіння, що падає в очищену і додатково ущільнену кулеподібною частиною сошника борозну безпосередньо на ложе.
(вдосконалення структури управління, спеціальні призначення та ін.).

Від ІСГ Криму НААН
Керівник розробки



В.П.Горобей

Від СГІ НЦ НС НААН
Зав. відділом селекції та
насінництва пшениці




М.А.Литвиненко

ДОДАТОК Е

ПОГОДЖЕНО


Директор Інституту сільського господарства Криму НААН

 В.С.Паштецький

2013р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Інституту зрошуваного землеробства НААН

 Р.А.Вожегова

« 20 » грудня 2013р.



А К Т

впровадження результатів науково-дослідних, дослідно-конструкторських та технологічних робіт

Даним актом стверджується, що результати роботи з виконання ПНД 33 за завданням: 33.01.00.28.П. «Обґрунтувати конструкційно-технологічні параметри робочих органів і машин для обробітку ґрунту та сівби зернових культур в умовах АР Крим»

назва теми, № державної реєстрації

№ д/р 0111U003627

2011-2013рр.

вартістю без вартісної оцінки

строки виконання

цифрами та прописом

впроваджені Інститутом зрошуваного землеробства НААН

назва підприємства, де здійснювалось впровадження

1. Вид впроваджуваних робіт: За підсумками досліджень, проведених у НВО «Селта» ННЦ «ІМЕСГ», лабораторних умовах ґрунтового каналу ПФ «КАТУ» НУБіП України, Інституті сільського господарства Криму передано Інституту зрошуваного землеробства НААН пристосування до сівалок модельного ряду СЗ-3,6 з робочими органами (сошниками культиваторного типу зі стрілочастими лапами) для сівби зернових і зернобобових культур без передпосівної культивації.

технології, сорти, породи, лінії, гібриди, препарати, машини, тощо

2. Масштаби впровадження: пристосування до сівалки модельного ряду СЗ-3,6 з 16-ма сошниками культиваторного типу для сівби ячменю ярого впроваджено на площі 50 га по зяблевій оранці

площа, поголів'я, кількість вузлів, комплектів машин, тощо

3. Новизна результатів науково-дослідних робіт: Вперше розроблено нові конструкційні схеми робочих органів для виконання широкополосного висіву, що протікає в наступній послідовності. Під час руху лапи в верхньому шарі ґрунту приводний круг ролика-розсіювача торкається дна борозенки, що визиває необхідність обертання круга з корпусом на підшипнику, відносно осі (згідно з патентом України №73919 МПК (2012.01) А01С7/00 Сошник культиваторного типу для розкидного висіву насіння). Розроблене пристосування включає прикріплену скобами до поводкового бруса сівалки підсилюючу прямокутну трубу, до якої за допомогою грядилів шарнірно

кріпляться два ряди культиваторних робочих органів, що складаються з тримачів, утримуючих трубчаті стійки, з закріпленими в нижній частині лапами. Для розподілу насіння лапи мають вищеописані рухомі розсіювачі. Внаслідок невеликої довжини гряділі першого рядку робочих органів виконані у вигляді паралелограмів. Для упередження деформації деталей рами сівалки підсилююча прямокутна труба жорстко з'єднана з дісноцею сівалки спеціальними розтяжками.

за результатами патентних досліджень або згідно з авторськими свідоцтвами

4. Дослідно-промислова перевірка: Результати НДР використані при сівбі насіння ячменю ярого сорту Сталкер, на дослідних полях лабораторії неполивного землеробства Інституту зрошуваного землеробства НААН, акт випробування від 19.03.2012р.

номер, дата актів випробування, назва підприємства

5. Річний економічний ефект у грошовому виразі: Економічний ефект складає 0,9-1,2 тис.грн./га

6. Соціальний і науково-технічний ефект: Доведено, що мульчування ґрунту не тільки відновлює родючість, але і зберігає вологу в посівному шарі. Дослідженнями встановлено, що регулярне загортання соломи підвищує вміст гумусу в ґрунті і покращує його структуру. Зменшення робочого часу вдвоє за рахунок скорочення технологічних операцій, зменшення витрат дизельного пального на 5-7л/га, оптимізація площі живлення насіння при збереженні норми висіву, заробка насіння на тверде з підвищеною вологістю ґрунтового ложе, збільшення врожайності на 5-7 ц/га.

вдосконалення структури управління, спеціальні призначення та ін.


Даний акт у фінансових операціях участі не приймає

Від ІСХ Криму НААН
Керівник розробки



В.П.Горобей

Від ІЗЗ НААН
Заступник директора з
науково-інноваційної роботи



М.П.Малярчук

ДОДАТОК Ж



УКРАЇНА



(19) (UA)

(11) 55778

(51) МПК (2006)
A01C 7/00
G01L 9/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ**ПАТЕНТ**
на винахідвидано відповідно до Закону України
"Про охорону прав на винаходи і корисні моделі"Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності

М. Паладій

(21) 2002064944
(22) 17.06.2002
(24) 15.05.2006
(46) 15.05.2006. Бюл. № 5(72) Горобей Василь Петрович, Красніченко Олександр Леонідович, Салецький Валерій
Леонідович, Тарімов Олег Євгенович, Мироненко Геннадій Миколайович
(73) НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ОБ'ЄДНАННЯ "СЕЛТА" НАЦІОНАЛЬНОГО НАУКОВОГО
ЦЕНТРУ "ІНСТИТУТ МЕХАНІЗАЦІЇ І ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА" УКРАЇНСЬКОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК

(54) СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ РЕЖИМІВ РОБОТИ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ



УКРАЇНА

(19) UA (11) 55778 (13) C2
 (51) МПК (2006)
 A01C 7/00
 G01L 9/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
 І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
 ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ РЕЖИМІВ РОБОТИ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ

1

(21) 2002064944
 (22) 17.06.2002
 (24) 15.05.2006
 (46) 15.05.2006, Бюл. № 5, 2006 р.
 (72) Горобей Василь Петрович, Красніченко Олександр Леонідович, Салецький Валерій Леонідович, Тарімов Олег Євгенович, Мироненко Генадій Миколайович
 (73) НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ОБ'ЄДНАННЯ "СЕЛТА" НАЦІОНАЛЬНОГО НАУКОВОГО ЦЕНТРУ "ІНСТИТУТ МЕХАНІЗАЦІЇ І ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА" УКРАЇНСЬКОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК
 (56) SU 1616531, 13.06.1988
 SU 1236426, 07.06.1986
 SU 912099, 15.03.1982
 SU 587898, 15.01.1978
 SU 1250190, 15.08.1986
 (57) 1. Стенд для досліджень режимів роботи висівних апаратів, який містить зерновий апарат, висі-

2

вний апарат з механізмом його приводу, насіннепроводи, датчики управління і програмний блок, вихід якого з'єднаний з управляючим входом механізму приводу висівного апарата, який відрізняється тим, що додатково має мікропроцесорний блок управління, датчик імітатора колеса містить магнітну шторку, а вал висівного апарата укомплектований змінними катушками висіву, при цьому магнітна шторка виконана з можливістю при обертанні датчика в просторі створювати магнітне поле, від частоти пульсації якого мікропроцесорний блок, по програмі, змінює частоту імпульсів на електродвигуні висівного вала.

2. Стенд за п. 1, який відрізняється тим, що висівний апарат з механізмом його приводу, зв'язаний заданим передаточним відношенням, яке визначене як відношення числа обертів вала висівних апаратів до числа обертів, що ініціюються датчиком імітатора колеса сівалки і є величиною сталою для заданої норми висіву.

(13) C2



УКРАЇНА

(11) **55609**

(19) (UA)

(51) 7 A01C7/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ПАТЕНТ на винахід

видано відповідно до Закону України
"Про охорону прав на винаходи і корисні моделі"



Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності

М. Паладій

(21) 2001128540
(22) 12.12.2001
(24) 16.08.2004
(46) 16.08.2004. Бюл. № 8

(72) Горобей Василь Петрович, Красніченко Олександр Леонідович, Солецкій Валерій
Леонідович, Тарімов Олег Євгенович
(73) НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ОБ'ЄДНАННЯ "СЕЛТА" УКРАЇНСЬКОЇ АКАДЕМІЇ
АГРАРНИХ НАУК

(54) СІВАЛКА НАВІСНА СЕЛЕКЦІЙНА "СНС-16А"



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 55609

(13) C2

(51) 7 A01C7/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СІВАЛКА НАВІСНА СЕЛЕКЦІЙНА "СНС-16А"

1

(21) 2001128540
(22) 12.12.2001
(24) 16.08.2004
(46) 16.08.2004, Бюл. № 8, 2004 р.
(72) Горобей Василь Петрович, Красніченко Олександр Леонідович, Солецкій Валерій Леонідович, Тарімов Олег Євгенович
(73) НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ОБ'ЄДНАННЯ "СЕЛТА" УКРАЇНСЬКОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК
(56) US A 3855953 24.12.74
EP A1 0255630 10.02.88
DE A1 3704308 25.08.88
US B1 6285938 04.09.01
(57) 1. Сівалка навісна селекційна, що містить раму, опорно-привідні колеса, повідковий брус, дводискові сошники із штангою і пружинами, закріпленими на порожнистому квадратному валу з механізмом зміни глибини ходу сошників, насінєспроводи, насінневий ящик з установленими в його нижній частині висівними апаратами, ме-

2

ханізм приводу висівних апаратів і розташований в насінневому ящику переґрібач, яка відрізняється тим, що механізм приводу висівних апаратів має електродвигун з черв'ячним редуктором, один вал якого з'єднаний з валом висівних апаратів, а другий - з валом електродвигуна, при цьому управління швидкістю обертання вала електродвигуна здійснене мікропроцесорним блоком управління, живлення якого забезпечене від електрообладнання трактора.

2. Сівалка по п.1, яка відрізняється тим, що в мікропроцесорному блоці управління використаний мікропроцесорний контролер з програмою, яка управляє швидкістю обертання вала електродвигуна у відповідності з сигналами, що знімаються з датчика пройденого шляху, і заданим передавальним відношенням.

3. Сівалка по п.1, яка відрізняється тим, що як чутливий до магнітного поля електронний датчик сигналів використаний геркон або датчик Холла.

(13) C2



ПАТЕНТ

НА ВІНАХІД

№ 88696

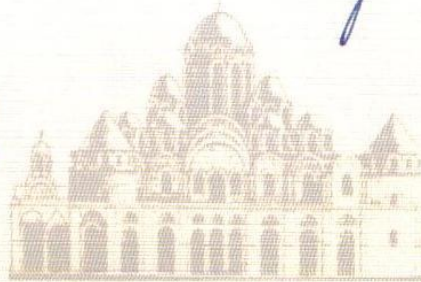
СОШНИК ДЛЯ СМУГОВОГО ВИСІВУ ЗЕРНОВИХ
КУЛЬТУР

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи
10.11.2009.

Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності

М.В. Паладій



(11) **88696**(19) **UA**(51) **МПК (2009)
A01C 7/00**

<p>(21) Номер заявки: а 2007 14097</p> <p>(22) Дата подання заявки: 14.12.2007</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.11.2009</p> <p>(41) Дата публікації відомостей про заявку та номер бюлетеня: 11.03.2008, Бюл. № 5</p> <p>(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: 10.11.2009, Бюл. № 21</p>	<p>(72) Винахідники: Горобей Василь Петрович, UA, Лузін Володимир Анатолієвич, UA, Красніченко Олександр Леонідович, UA</p> <p>(73) Власник: НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ОБ'ЄДНАННЯ "СЕЛТА" НАЦІОНАЛЬНОГО НАУКОВОГО ЦЕНТРУ "ІНСТИТУТ МЕХАНІЗАЦІЇ І ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА" УКРАЇНСЬКОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК, вул. Київська, 76, м. Сімферополь, АРКрим, 95034, Україна, UA</p>
--	--

(54) Назва винаходу:

СОШНИК ДЛЯ СМУГОВОГО ВИСІВУ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

(57) Формула винаходу:

Сошник для смугового висіву зернових культур, який містить встановлені з можливістю обертання вуглом вперед по ходу руху сошника два плоских диски і розташований між ними корпус сошника, який відрізняється тим, що між дисками за допомогою додатково встановлених шарнірної підвіски і пружини до його корпусу прикріплена кілеподібна частина, яка вміщує розтруб і наральник, виконаний в його нижній частині з виступами і впадинами, що чергуються, при цьому величина виступів і впадин визначена відношенням:

$$h < \Delta \text{атр.},$$

де:

h - висота виступів і глибина впадин;

 $\Delta \text{атр.}$ - величина агротехнічного допуску на відхилення глибини заробки насіння.

УКРАЇНА

UKRAINE



ПАТЕНТ

НА ВИНАХІД

№ 93837

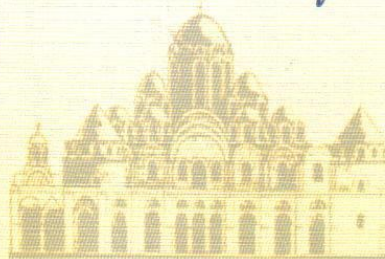
ДВОДИСКОВИЙ КОМБІНОВАНИЙ СОШНИК

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи 10.03.2011.

Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності

М.В. Паладій



(11) **93837**(19) **UA**(51) МПК (2011.01)
A01C 7/00

<p>(21) Номер заявки: а 2010 06315</p> <p>(22) Дата подання заявки: 25.05.2010</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.03.2011</p> <p>(41) Дата публікації відомостей про заявку та номер бюлетеня: 25.11.2010, Бюл.№ 22</p> <p>(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: 10.03.2011, Бюл. № 5</p>	<p>(72) Винахідники: Горобей Василь Петрович, UA, Лузін Володимир Анатолієвич, UA, Красніченко Олександр Леонідович, UA</p> <p>(73) Власник: НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ОБ'ЄДНАННЯ "СЕЛТА" НАЦІОНАЛЬНОГО НАУКОВОГО ЦЕНТРУ "ІНСТИТУТ МЕХАНІЗАЦІЇ ТА ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА" УКРАЇНСЬКОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК, вул. Київська, 76, м. Сімферополь, АРКрим, 95034, Україна, UA</p>
---	---

(54) Назва винаходу:

ДВОДИСКОВИЙ КОМБІНОВАНИЙ СОШНИК

(57) Формула винаходу: :

1. Дводисковий комбінований сошник зернової сівалки для посіву сільськогосподарських культур, який включає встановлені з можливістю обертання кутом вперед по ходу руху сошника два плоскі диски і розташовану між дисками кілеподібну частину, що прикріплена до корпусу за допомогою додатково встановленої шарнірної підвіски і пружини, яка має розтруб і наральник, який відрізняється тим, що шарнірна підвіска прикріплена до сполученого з корпусом сошника тримача, що складається з двох щік, утворюючих порожнину, в яку вставлена кілеподібна частина комбінованого дводискового сошника, таким чином, що вісь шарнірної підвіски кілеподібної частини розташована ззаду неї по ходу руху сошника, а проекція осі на дно насінної борозенки збігається із зоною контакту нижньої частини наральника і дна насінної борозенки.

2. Дводисковий комбінований сошник за п. 1, який відрізняється тим, що відстань від осі шарнірної підвіски до дна насінної борозенки вибрана із співвідношення:

$$R(1 - \cos \alpha \max) < \Delta \text{ agr.}, \text{ де:}$$

R - відстань від осі шарнірної підвіски до дна насінної борозенки;

$\alpha \max$ - максимальний кут відхилення кілеподібної частини від осі шарнірної підвіски;

$\Delta \text{ agr.}$ - величина агротехнічного допуску на глибину закладення насіння.



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 73919

СОШНИК КУЛЬТИВАТОРНОГО ТИПУ ДЛЯ РОЗКИДНОГО
ВИСІВУ НАСІННЯ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі **10.10.2012.**

Перший заступник Голови
Державної служби
інтелектуальної власності України

О.В. Янов



(11) 73919

(19) UA

(51) МПК (2012.01)
A01C 7/00

<p>(21) Номер заявки: u 2012 04041</p> <p>(22) Дата подання заявки: 02.04.2012</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.10.2012</p> <p>(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: 10.10.2012, Бюл. № 19</p>	<p>(72) Винахідники: Горобей Василь Петрович, UA, Лузін Володимир Анатолієвич, UA</p> <p>(73) Власник: НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ОБ'ЄДНАННЯ "СЕЛТА" НАЦІОНАЛЬНОГО НАУКОВОГО ЦЕНТРУ "ІНСТИТУТ МЕХАНІЗАЦІЇ І ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА" НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ, вул. Київська, 76, м. Сімферополь, АР Крим, 95034, UA</p>
--	---

(54) Назва корисної моделі:

СОШНИК КУЛЬТИВАТОРНОГО ТИПУ ДЛЯ РОЗКИДНОГО ВИСІВУ НАСІННЯ

(57) Формула корисної моделі:

Сошник культиваторного типу для розкидного висіву насіння, що містить трубчасту стійку зі швидкознімною лапою, яка має технологічну трубку, який відрізняється тим, що в нижній частині технологічної трубки між нижнім її зрізом і дном борозни в площині, перпендикулярній напрямку руху сошника, під кутом до дна борозни, закріплений з можливістю обертання ролик-розсіювач, що має встановлений в корпусі підшипник, який зафіксований на осі гвинтом з шайбою, і з'єднаний з корпусом повідний круг, який має можливість торкатися дна борозни, причому точність розташування ролика-розсіювача в підлаповому просторі забезпечують з урахуванням співвідношення:

$$\beta = 2\alpha,$$

де β - кут конуса конусної частини ролика-розсіювача;

α - кут нахилу повідного круга ролика в площині, перпендикулярній напрямку руху сошника.



(11) **106315**(19) **UA**(51) МПК (2014.01)
A01B 35/00

<p>(21) Номер заявки: а 2013 06890</p> <p>(22) Дата подання заявки: 01.06.2013</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 11.08.2014</p> <p>(41) Дата публікації відомостей про заявку та номер бюлетеня: 25.06.2014, Бюл.№ 12</p> <p>(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: 11.08.2014, Бюл. № 15</p>	<p>(72) Винахідники: Горобей Василь Петрович, UA, Лузін Володимир Анатолійович, UA, Лінник Микола Кіндратович, UA</p> <p>(73) Власник: НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ОБ'ЄДНАННЯ "СЕЛТА" НАЦІОНАЛЬНОГО НАУКОВОГО ЦЕНТРУ "ІНСТИТУТ МЕХАНІЗАЦІЇ І ЕЛЕКТРИФІКАЦІЇ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА" УКРАЇНСЬКОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК, вул. Київська, 76, м. Сімферополь, АР Крим, 95034, UA</p>
--	--

(54) Назва винаходу:

КОМБІНОВАНИЙ СОШНИКОВИЙ ВУЗОЛ ДО СІВАЛОК МОДЕЛЬНОГО РЯДУ СЗ-3.6

(57) Формула винаходу:

Комбінований сошниковий вузол до сівалок, який містить прикріплений до поводкової балки на паралелограмній підвісці корпус з встановленим під кутом до напрямку руху зубчастим диском, що обертається на осі, за диском у тримачі закріплена з можливістю переміщення порожниста стійка-насінепровід, яка оснащена у передній частині анкерним носком, а у нижній - стрілковою лапою, у підлаповому просторі якої є розсіювач насіння, до нижнього кінця корпусу під кутом до площини диска прикріплена анкерна пластина-чистик, а в зазор між анкерною пластиною-чистиком і площиною диска входить нижній кінець туюководу, який жорстко закріплений на корпусі спереду стійки-насінепровід, який відрізняється тим, що на задній стінці тримача нерухомо встановлений монтажний кронштейн, до вертикальних планок якого за допомогою одного пальця, який встановлений в співвісні отвори вертикальних планок і, у залежності від висоти установки, в співвісні отвори регулювальних стійок, шарнірно прикріплена рамка опорно-прикочуючого пристрою, причому палець є віссю шарніра, до верхньої частини регулювальних стійок рамки опорно-прикочуючого пристрою жорстко прикріплені технологічний вантаж, основна маса якого зосереджена над віссю шарніра, а торці стійок контактують з вертикальною площиною монтажного кронштейна, при цьому кут між площиною диска і напрямком руху сошникового вузла не перевищує 4 градуси, а вісь симетрії стійки-насінепровід, анкерного носка і стрілкової лапи проходить через точку торкання диска з ґрунтом.



(11) **107439**(19) **UA**(51) МПК (2015.01)
A01C 7/00

<p>(21) Номер заявки: а 2014 05419</p> <p>(22) Дата подання заявки: 21.05.2014</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.12.2014</p> <p>(41) Дата публікації відомостей про заявку та номер бюлетеня: 26.08.2014, Бюл.№ 16</p> <p>(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: 25.12.2014, Бюл. № 24</p>	<p>(72) Винахідники: Горобей Василь Петрович, UA, Литвиненко Микола Антонович, UA, Булгаков Володимир Михайлович, UA, Макаліш Арнольд Михайлович, UA, Старчиков Сергій Сергійович, UA</p> <p>(73) Власник: Горобей Василь Петрович, пр. Bastionний, 23, м. Сімферополь, 95021, UA</p>
--	---

(54) Назва винаходу:

СІВАЛКА НАВІСНА СЕЛЕКЦІЙНА КАСЕТНА СНСК-6

(57) Формула винаходу:

Сівалка навісна селекційно-насіницька, що містить раму, опорно-привідне колесо, опорне колесо, касетний стіл з блоком касет, насіннепроводи, висівні апарати з конусами і сошники, прикочувальні котки, коробку передач, програмну коробку, яка відрізняється тим, що встановлений на рамі касетний стіл з касетами, які містять окремі чарунки, з'єднані з сошниками насіннепроводами через висівні апарати з конусами для висіву насіння різних номерів, а конуси висівних апаратів, встановлені всередині їх корпусу, з'єднані кінчними передачами з валом приводу висівних апаратів, з'єданого з коробкою передач і програмною коробкою для управління обертами цих конусів, при цьому касетний стіл розміщений уздовж осі руху сівалки з можливістю доступу до нього і до касет з двох сторін.



ПАТЕНТ

НА ВИНАХІД

№ 107775

СІВАЛКА НАВІСНА СЕЛЕКЦІЙНО-НАСІННИЦЬКА СНС-16АП

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи - 10.02.2015.

Голова Державної служби інтелектуальної власності України

А.Г. Жарінова А.Г. Жарінова



(11) **107775**(19) **UA**(51) МПК (2015.01)
A01C 7/00
A01C 5/00
A01B 49/06 (2006.01)

(21) Номер заявки:	а 2014 05418	(72) Винахідник:	Горобей Василь Петрович, UA
(22) Дата подання заявки:	21.05.2014	(73) Власник:	Горобей Василь Петрович, пр. Bastionний, 23, м. Сімферополь, АР Крим, 95021, UA
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.02.2015		
(41) Дата публікації відомостей про заявку та номер бюлетеня:	26.08.2014, Бюл. № 16		
(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня:	10.02.2015, Бюл. № 3		

(54) Назва винаходу:

СІВАЛКА НАВІСНА СЕЛЕКЦІЙНО-НАСІННИЦЬКА СНС-16АП

(57) Формула винаходу:

- Сівалка навісна селекційно-насінницька, що містить раму, опорно-приводні колеса, висівний апарат з електроприводом, сошниковий вузол із зубчастим диском, яка відрізняється тим, що містить зубчастий ніж, що розрізає ґрунт, встановлений попереду сошникового вузла і закріплений на порожнистій квадратній балці, причому зубчастий ніж з'єднаний з порожнистою квадратною балкою за допомогою пластинчастих пружинних підвісок, а сошниковий вузол забезпечений важільно-пружинним механізмом, змонтованим між корпусом сошника і зубчастим диском з можливістю забезпечення рівної величини заглиблення диска.
- Сівалка навісна селекційно-насінницька за п. 1, яка відрізняється тим, що зубчастий ніж, що розрізає ґрунт, має, наприклад, 4-5 зубів на площину входження в ґрунт на глибину 0,08 м.



(11) **113016**(19) **UA**

(51) МПК

A01C 7/20 (2006.01)**A01B 49/04 (2006.01)**

<p>(21) Номер заявки: а 2015 01905</p> <p>(22) Дата подання заявки: 03.03.2015</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.11.2016</p> <p>(41) Дата публікації відомостей про заявку та номер бюлетеня: 10.11.2016, Бюл.№ 21</p> <p>(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: 25.11.2016, Бюл. № 22</p>	<p>(72) Винахідники: Горобей Василь Петрович, UA, Булгаков Володимир Михайлович, UA, Адамчук Валерій Васильович, UA</p> <p>(73) Власник: Горобей Василь Петрович, пров. Bastionний, 23, м. Сімферополь, AP Крим, 95021, UA</p>
--	--

(54) Назва винаходу:

СОШНИКОВИЙ ВУЗОЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЙНИХ СІВАЛОК

(57) Формула винаходу:

Сошниковий вузол для селекційних сівалок, що містить корпус, закріплений на паралелограмній підвісці зубчастий диск, що встановлений під кутом до напрямку руху і обертається на осі та прикріплений до балок сівалки на двопружинній підвісці, та тримач із закріпленими висівним робочим органом, прикочуючим котком і технологічним вантажем, який відрізняється тим, що забезпечений додатковою паралелограмною підвіскою, шарнірно закріпленою одним кінцем на задній стінці тримача, а другим на корпусі позаду зубчастого диска, при цьому на тримачі перед корпусом встановлений обмежувач амплітуди вібраційних коливань зубчастого диска, а висівний робочий орган змонтований з можливістю задоволення агротехнічних вимог глибини висіву насіння всієї селекційної ділянки.