

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**01.01 – КМР. 189"С" 2021.02.01. 028 ПЗ**

**ЛІМАНОВСЬКОГО БОГДАНА РУСЛАНОВИЧА**

**2021**

**НУБІП України**

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**01.01 – КМР. 189"С" 2021.02.01. 028 ПЗ**

**ЛІМАНОВСЬКОГО БОГДАНА РУСЛАНОВИЧА**

**2021**

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

УДК 636.353:31

ПОГОДЖЕНО  
Декан механіко-технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри  
Сільськогосподарських машин  
та системотехніки ім акад. П.М. Василенка  
(назва кафедри)

В. Братішко  
(підпис)

“ ” 2021 р.

Гуменюк Ю.О.  
(ПІБ)

“ ” 2021 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Обґрунтування технологічного процесу та параметрів пневматичного апарата  
для висіву насіння зернових культур у СГП м. Воловікова Гошанського р-ну  
Рівненської обл.

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

Освітня програма: «Агроінженерія»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Гарант освітньої програми:

Доктор технічних наук, с.н.с

(підпис)

В.В. Братішко

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи:

Д.с.-г.н., професор  
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Теслюк В.В.  
(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Лімановський Б.Р.

(ПІБ студента)

КИЇВ – 2021

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

УДК 636.353:31

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри  
Сільськогосподарських машин та  
системотехніки  
ім акад. П.М. Василенка  
к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Гуменюк Ю.О.  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 року

# ЗАВДАННЯ

## ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

**Лімановський Богдан Русланович**

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітня програма: «Агроінженерія»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Тема магістерської роботи: «Обґрунтування технологічного процесу та параметрів пневматичного апарата для висіву насіння зернових культур у СГП ім. Воловікова Гошанського р-ну Рівненської обл.»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «01» лютого 2021р. № 189 «С».

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2021/11.25

Вихідні дані до магістерської роботи: характеристика сировинної бази регіону, технологічна та технічна документації, стан механізації виробничих процесів по висіву зернових.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Огляд науково-технічної літератури
2. Теоретичні дослідження
3. Програма і методика експериментальних досліджень.
4. Результати експериментальних досліджень.
5. Економічне обґрунтування ефективності застосування розробленого висівного апарата.

Дата видачі завдання «10» лютого 2021р.

Керівник магістерської роботи  
Завдання прийняв до виконання

Теслюк В.В.  
Лімановський Б.Р.

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему: “Дослідження технологічних та конструктивних параметрів пневматичної сівалки для точного висіву зернових”

Магістерська робота складається із вступу, 5 розділів, розрахунково-пояснювальної записки, висновків, списку використаних джерел з 16 назв і 10 аркушів графічної частини. Основний зміст магістерської роботи викладений на 80 сторінках машинописного тексту, містить 40 рисунків і 1 таблицю.

Мета магістерської роботи - розробка та дослідження технологічного процесу однозернового висіву насіння зернових колосових культур пневматичним висівним апаратом точного висіву.

Задачі дослідження:

Теоретично встановити закономірності процесу заповнення комірок висівного апарата насінням та їх утримання під час транспортування в зону висіву.

Визначити вплив конструктивних і технологічних параметрів висівного апарата на процес рівномірності висіву насіння зернових колосових культур.

Розробити математичну модель технологічного процесу однозернового відбору насіння зернових колосових культур.

4. Провести експериментальні дослідження пневматичного висівного апарата і оптимізувати його параметри і режими роботи.

5. Дати економічну оцінку ефективності застосування сівалки точного висіву насіння зернових колосових культур.

**Ключові слова:** Сівба, зернова сівалка, зернові культури, пневматичний висівний апарат, привід, секція, ефективність.

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	4
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ .....	7
ВСТУП.....	8
1 ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1. Аналіз основних факторів, що впливають на формування врожаю зернових колосових культур .....	9
1.2. Аналіз конструкцій пневматичних висівних апаратів для точного висіву насіння зернових колосових культур.....	12
1.3. Огляд теоретичних і експериментальних досліджень процесу однозернового висіву насіння зернових колосових культур.....	23
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	27
2.1. Вибір об'єкта досліджень.....	27
2.2. Аналіз процесу взаємодії кулькоподібних насінин з комірками висівного апарата.....	28
2.3. Визначення конструктивних параметрів кінцевого висівного елемента.....	33
2.4. Визначення сили присмокування насінини до комірки висівного елемента .....	37
2.5. Обґрунтування технологічно-конструктивної схеми пневматичного висівного апарата.....	42
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	48
3.1. Програма досліджень.....	48
3.2. Методика проведення лабораторних дослідів.....	49
3.2.1. Визначення напрямку переміщення насіння в бункері при обертанні висівного елемента.....	49
3.2.2. Опис експериментальної установки.....	50
3.2.3. Методика визначення конструктивно-технологічних параметрів висівного апарата.....	52
3.3. Оцінка рівномірності розподілу насіння по площі поля.....	56

3.4. Методика визначення впливу глибини заробки насіння на польову схожість рослин	59
3.5. Методика проведення лабораторно-польових дослідів і визначення якості рівномірності розподілу насіння по площі поля	60
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	61
4.1. Результати досліджень по визначенню напрямку переміщення насіння зернових колосових культур при обертанні висівного елемента	61
4.2. Результати досліджень по визначенню впливу форми комірки на рівномірність висіву насіння вздовж рядка	62
4.3. Результати досліджень по визначенню впливу кутової швидкості обертання висівного елемента на процес рівномірного висіву насіння вздовж рядка	64
4.4. Результати по визначенню впливу глибини розрідження всередині висівного елемента на процес рівномірного висіву насіння вздовж рядка	65
4.5. Результати досліджень по визначенню впливу висоти встановлення насіннеспровада над дном борізки на рівномірність висіву насіння вздовж рядка	69
4.6. Вплив глибини заробки насіння на польову схожість рослин	71
4.7. Результати лабораторно-польових дослідів	71
5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОГО ВИСІВНОГО АПАРАТА	72
ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	79

НУБІП України

НУБІП України

# К ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

САПР - системи автоматизованого проектування.

ВВП - вал відбору потужності.  
ККД - коефіцієнт корисної дії.  
ПФЕ - повний факторний експеримент.

# НУБІП України

ДФЕ - дробовий факторний експеримент.

ЄСКД - єдина система конструкторської документації.  
СЗ-3,6 - сівалка зернова.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

## ВСТУП

Зернові колосові культури в зерновому балансі України займають провідне місце, і тому найважливішим завданням є підвищення врожайності та покращення якості зерна при застосуванні інтенсивних технологій їх виробництва. Одним з основних шляхів розв'язання цього завдання є вдосконалення існуючих способів сівби та технічних засобів для їх здійснення з заміною рядкового способу висіву на точний, що дасть можливість в 1,5...2,0 рази знизити норму висіву, створити оптимальні умови для проростання насіння і розвитку рослин, та за рахунок цього підвищити врожайність зернових колосових культур на 10... 15%. До цього часу застосування точного висіву не отримало задовільного вирішення, оскільки існуючі висівні апарати і їх технологічні процеси є недосконалими і вимагають подальших досліджень.

У зв'язку з цим актуальною проблемою є обґрунтування технологічного процесу однозернового висіву та параметрів пневматичного висівного апарата для його реалізації.

Полеві випробування проводились у 2020 році з висівом насіння озимої пшениці "Миронівська-61" на площі 1 га. Два виготовлених висівних апарата встановлювались на експериментальній сівалці з шириною міжрядь 0,05м та шириною захвату 2,1 м.

Результати проведених випробувань показали надійну роботу висівних апаратів, високу рівномірність розподілу насіння по площі поля, яка становила 89,4%. В порівнянні з рядовим висівом точний розподіл насіння при нормі висіву 3,1 млн.шт./га забезпечив приріст врожаю зерна на 5,5 ц/га, що склало економічний ефект в розмірі 495897 грн/га.

Вважаємо за доцільне впровадити результати досліджень на всій посівній площі господарства і рекомендувати їх застосувати у всіх районах Чернігівської області.

НУБІП України

## 1 ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

### 1.1. Аналіз основних факторів, що впливають на формування врожаю зернових колосових культур

На формування врожаю зернових колосових культур впливає ряд факторів.

їх можна розділити на три групи: технологічні, фізичні і біологічні. До технологічних факторів відносять норму і спосіб висіву, глибину заробки насіння та ступінь травмування оболонки насіння при висіві. Фізичні фактори характеризують середовище, в якому знаходиться насіння і рослина, до них відносяться: тип ґрунту, температура ґрунту і повітря, вологість, вміст поживних елементів в ґрунті, сонячна радіація і ін. Біологічні фактори включають схожість насіння, здатність до кущіння та фотосинтетичну активність рослин. Серед цих факторів провідна роль належить фотосинтезу, який є основою живлення рослин, а решта факторів покращують умови сприйняття фотоактивної радіації. За рахунок фотосинтезу формується майже 94% сухої речовини [16]. Дослідженнями багатьох вчених [16,11,] встановлено, що між величиною врожаю зерна і накопиченням сухої речовини є пряма залежність. На продуктивність фотосинтезу помітно впливає рівномірність розподілу рослин по площі поля, так як в залежності від їх розміщення ступінь освітленості рослин і поглинання сонячної енергії істотно змінюються [11,19].

Результати досліджень [8,9] показують, що посіви з рівномірним розміщенням рослин по площі поля за рахунок підвищення оптичної щільності листової поверхні значно більше поглинають сонячної енергії, ніж при вузькорядній сівбі.

Протягом дня посіви зернових колосових культур по-різному освітлюються сонячним промінням, тому необхідно створити такі умови, щоб коє ранне і вечірне проміння рівномірно освітлювало всі рослини. Ця вимога, як стверджують дослідники І.І. Сіягін і В.П. Гудзь [6,13]

найбільш повно задовільняється при точному висіві, оскільки листки протягом дня постійно спрямовані своєю поверхнею до сонячних променів і коефіцієнт поглинання фотоактивної радіації наближається до максимального значення - одиниці.

Особливе значення при формуванні врожаю має фітоклімат [16], який залежить від густоти посіву і характеру розміщення рослин по площі поля. Як показують результати досліджень В.М. Гармашова, В.М. Гриньова, А.Ю.Коваля [14] з усіх способів посіву тільки точний висів запобігає перегріванню ґрунту в посівах і тим самим сприяє підвищенню вологості повітря між стеблами, внаслідок чого рослини пшениці знаходяться у більш вологому і прохолодному повітрі, максимально наближеному до необхідної норми.

Оптимальну густоту стеблестою вивчали вчені А.Н. Варава, В.Т. Змієвський, К.А.Касаєва [11,15]. Вони встановили, що густота залежить від агротехнічних умов та біологічних особливостей культури і сорту. Дослідження К.А.Касаєвої [15] показали, що із збільшенням густоти стеблестою при нормі висіву насіння в межах 6-10 млн.шт./га продуктивність пшениці зменшується на 10...20 %. Аналогічні результати наводить П.А. Черномаз [22], В.П. Гудзь в своїй роботі [16] відмічає, що при оптимальній густоті стеблестою забезпечується велика стійкість рослин проти вилягання.

Думки вчених і практиків щодо формування оптимальної щільності посіву розділились. Одні вважають, що густоту рослин в залежності від кліматичних умов та родючості ґрунту необхідно збільшувати за рахунок збільшення норми висіву, а інші вважають, що необхідно краще використовувати біологічні властивості зернових колосових культур - це їх здатність до кушіння [14,12] і за рахунок цього норму висіву знизити до 3 млн.шт./га. Зокрема бельгійські вчені рекомендують раціонально використовувати інтенсивність кушіння при вирощуванні озимої пшениці, на їх думку, для одержання 400-500 продуктивних стебел на 1м<sup>2</sup> необхідно висівати 150-200 штук схожих насінин, тобто 1,5-2,2млн.шт./га. Бельгійський досвід використовують в США та Канаді, де норма

висіву становить 0,5-1,5 млн.шт./га, а у Німеччині, Франції та Югославії середня норма висіву становить 2,0-2,5 млн.шт./га [35]. Німецькі вчені навпаки вважають, що для отримання 550-600 продуктивних стебел необхідно висівати 450-500 штук насінин на 1м<sup>2</sup>, тобто встановлювати норму висіву приблизно рівною числу продуктивних стебел на одиницю площі.

Але до недавнього часу точний висів не мав достатнього наукового агротехнічного обґрунтування доцільності його застосування, як заводу, спрямованого на підвищення врожайності та зниження норми висіву. Результати досліджень Л.В. Погорілого і М.С. Шведика [8] показали перевагу точного

висіву над іншими способами сівби. При цьому вони довели, що немає необхідності в забезпеченні стовідсоткової рівномірності розміщення насіння по площі поля, оскільки відхилення від заданої точності розкладання насіння не залежно від норми висіву, може сягати 13%. Як зазначають К.А. Касаєва, А.М.

Бровченко [5] ефективність точного висіву в порівнянні з рядовим заключається не в значному прирості врожаю, а в економії висівного матеріалу, яка сягає 30-40%.

Точний висів зернових культур запобігає самозрідженню сходів насіння, яке виникає під час взаємного пригнічення рослин в зонах загущеного висіву, і дозволяє значно зменшити норму висіву насіння. Дослідженнями А.М. Бровченко доведено, що за будь-якої норми висіву на момент збирання на кожному квадратному метрі поля зберігається приблизно однакова кількість продуктивних стебел -300-350 шт./м<sup>2</sup>. При цьому врожай зернових культур при

збільшенні норми висіву до 5-6млн.шт. насінин на 1га також збільшується, але подальше збільшення норми висіву призводить до зниження врожаю. На момент збирання врожаю для кожної рослини формується оптимальна площа живлення, яка складає в середньому 293 см<sup>2</sup>. Тому висів насіння слід проводити таким чином, щоб максимально скоротити витрати посівного матеріалу. Встановлено,

що витрати насіння прямопропорційні нормі висіву і із збільшенням норми висіву вони зростають. При низьких нормах висіву особливо проявляється польова схожість насіння та виживання рослин. За даними досліджень

Миронівського НДІ селекції і насінництва [11] встановлено, що після виходу насіння з висівного апарата тільки 33-46% насіння має цілу, непошкоджену оболонку. Травмування насіння призводить до зниження їх польової схожості і виживання рослин. Тому для забезпечення гарантованої густоти стеблестою на практиці підвищують норму висіву.

Проведений аналіз показує, що з усіх розглянутих факторів на формування врожаю найбільше впливає рівномірність розміщення насіння по площі поля, яку може забезпечити апарат точного висіву. Звідси випливає необхідність в подальшому удосконаленні конструкції і технологічного процесу існуючих висівних апаратів для забезпечення точного висіву насіння зернових колосових культур у виробничих умовах.

## **1.2. Аналіз конструкцій пневматичних висівних апаратів**

### **для точного висіву насіння зернових колосових культур**

Для здійснення рівномірного висіву насіння по довжині рядків запропоновано різні висівні апарати, які по принципу дії можна поділити на механічні, пневматичні та пневмомеханічні. Класифікацію цих апаратів приведено на рис. 1.1. Серед них найбільше поширення отримали механічні висівні апарати дискового типу [8]. Один з таких апаратів представлено на рис. 1.2. Принцип його роботи здійснюється наступним чином. Насіння 1 з бункера 2 при обертанні диска 3 входить в комірки 4 і виноситься в зону висіву, де виштовхувачем 5 виштовхується з комірки і випадає на дно борозни. Але такий апарат, призначений для висіву насіння тільки технічних культур в один рядок з широкими міжряддями і його неможливо встановити на сівалках для вузькорядних посівів через значні габарити самого апарата.

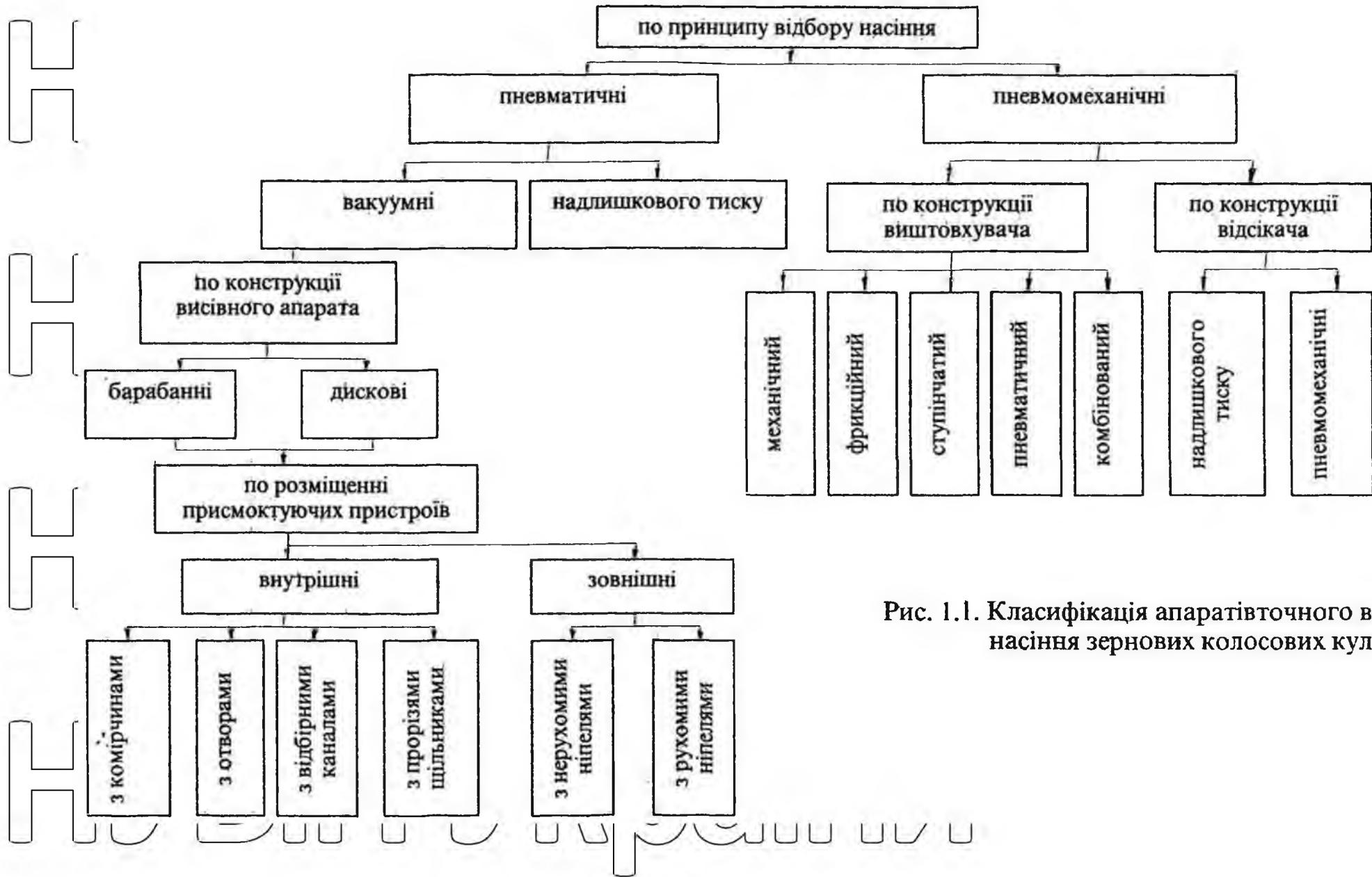


Рис. 1.1. Класифікація апаратів точного висіву насіння зернових колосових культур

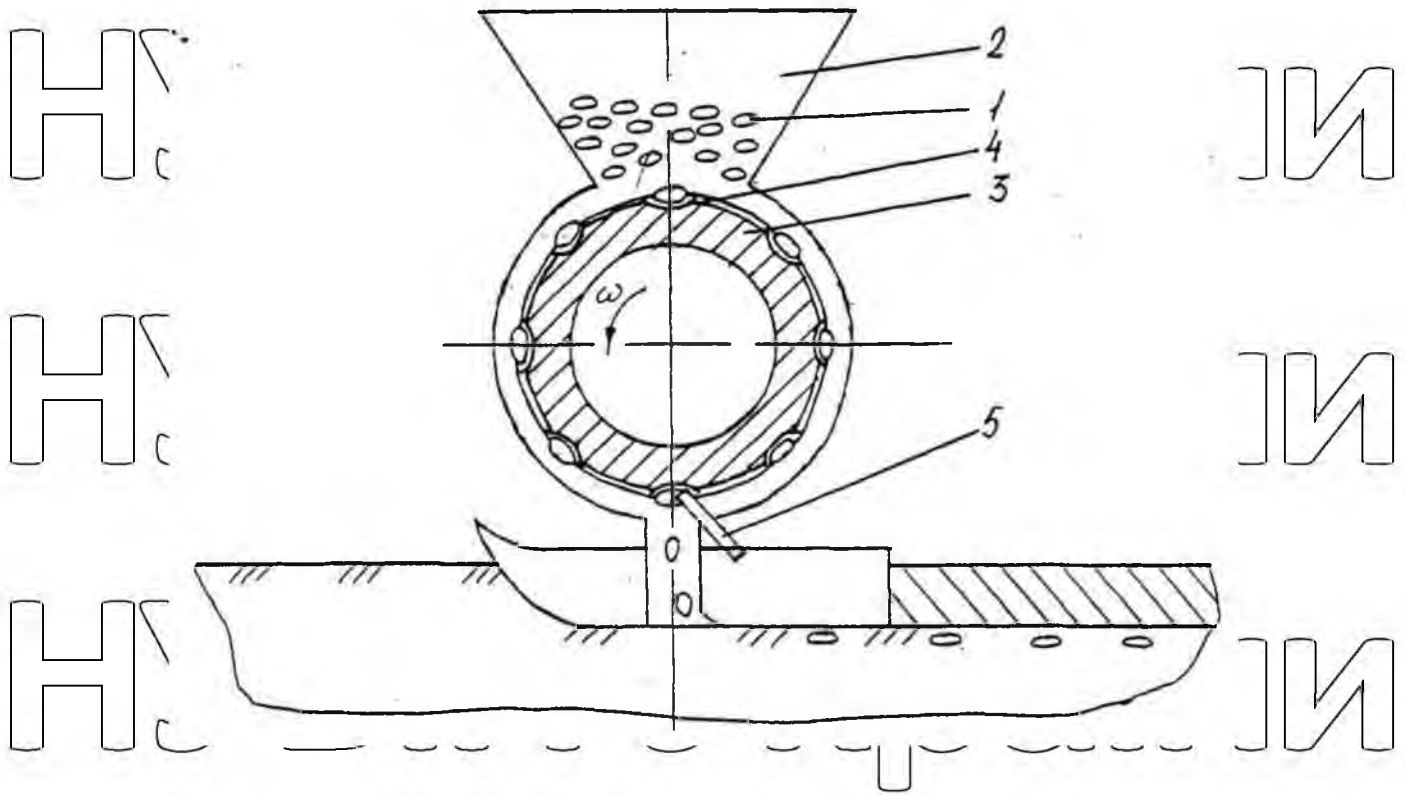


Рис. 1.2. Схема дискового висівного апарата

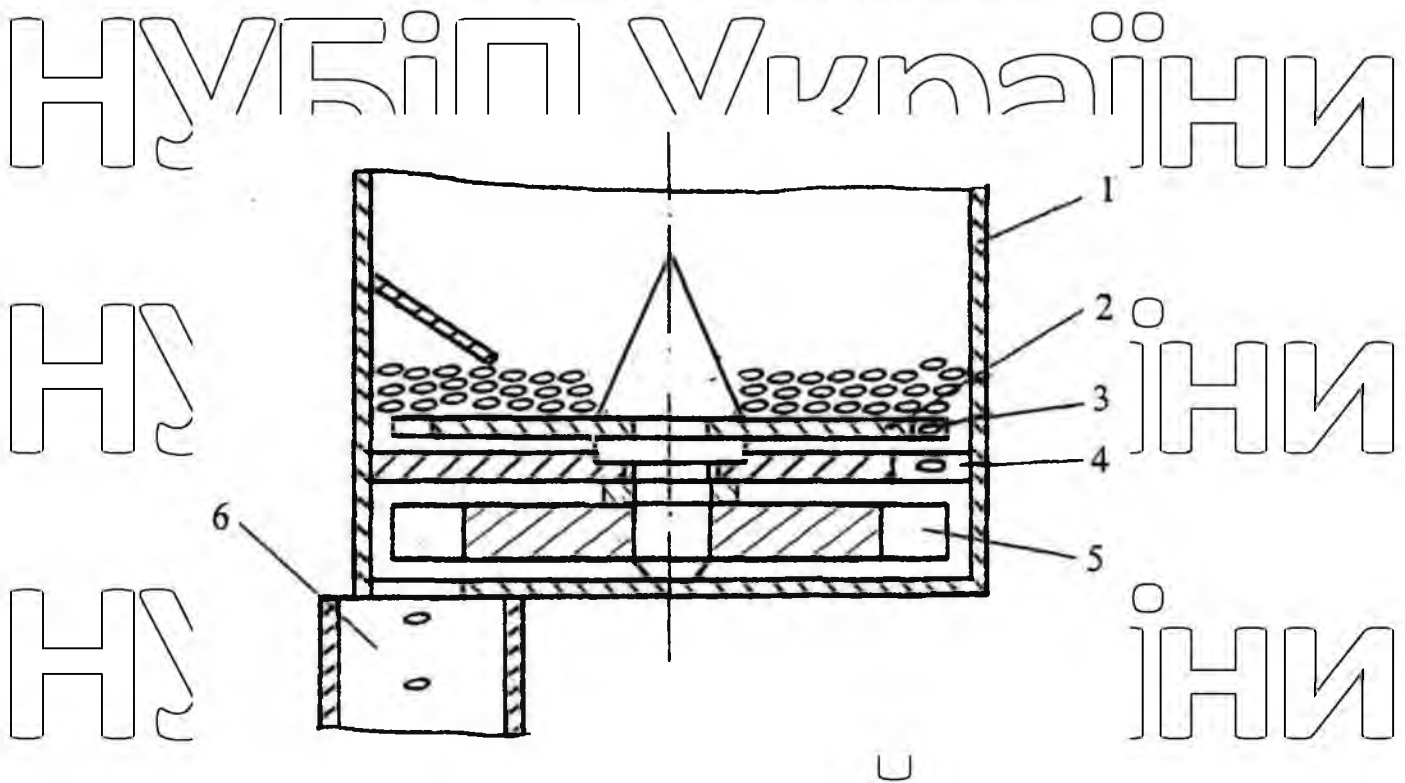


Рис. 1.3. Принципова схема дискового механічного висівного апарата

Певний інтерес викликають висівні апарати з горизонтальним диском. На рис. 1.3. представлений висівний апарат [9], принцип роботи якого полягає в тому, що насіння з бункера 1 під час обертання диска 2 заходить в комірки 3 і транспортується до вікна 4, звідки провалюється крізь нього, а далі лопатевим

диском 5 подається в насіннепровід 6 до сошника. Але конструкція такого апарата є досить громіздкою і не може бути використана в зернових сівалках для висіву насіння з міжряддям менше 15 см. Крім цього в механічних висівних апаратах часто відбувається заклинювання насіння при випаданні з комірок, що порушує процес формування рівномірного висіву. Тому ряд конструкторів запропонували пневмомеханічні висівні апарати.

Заслуговує уваги конструкція пневмомеханічного висівного апарата наведена на рис. 1.4[10]. Висів насіння здійснюється наступним чином. При обертанні диска 1 насіння 2 входить в комірку 3 і виноситься в зону висіву А, звідки повітряним потоком, що поступає через сопло 4, видувається в насіннепровід 5 і по ньому транспортується в сошник. Застосування повітряного потоку для видалення насіння з комірки забезпечує їх стовідсоткове розвантаження і тим самим підвищує рівномірність висіву.

Недоліком такого апарата є те, що він призначений для групового висіву насіння технічних культур і не може забезпечити однозернового відбору.

Для висіву насіння зернових культур запропонований висівний апарат представлений на рис. 1.5 [11], Він складається з бункера 1 з відкидним днищем 2, над яким розміщений висівний диск 3 з прикріпленим до нього порожнинним конусом 4 з отворами 5. Нижня частина конуса 4 утворює з висівним диском 3 комірки 6. В зоні розвантаження насіння встановлено сопло 7, а всередині порожнинного конуса 4 - розміщено нагнітаюче сопло 8.

Принцип роботи висівного апарата полягає в наступному: при обертанні конуса 4 від дією відцентрової сили і сили тяжіння, насіння з

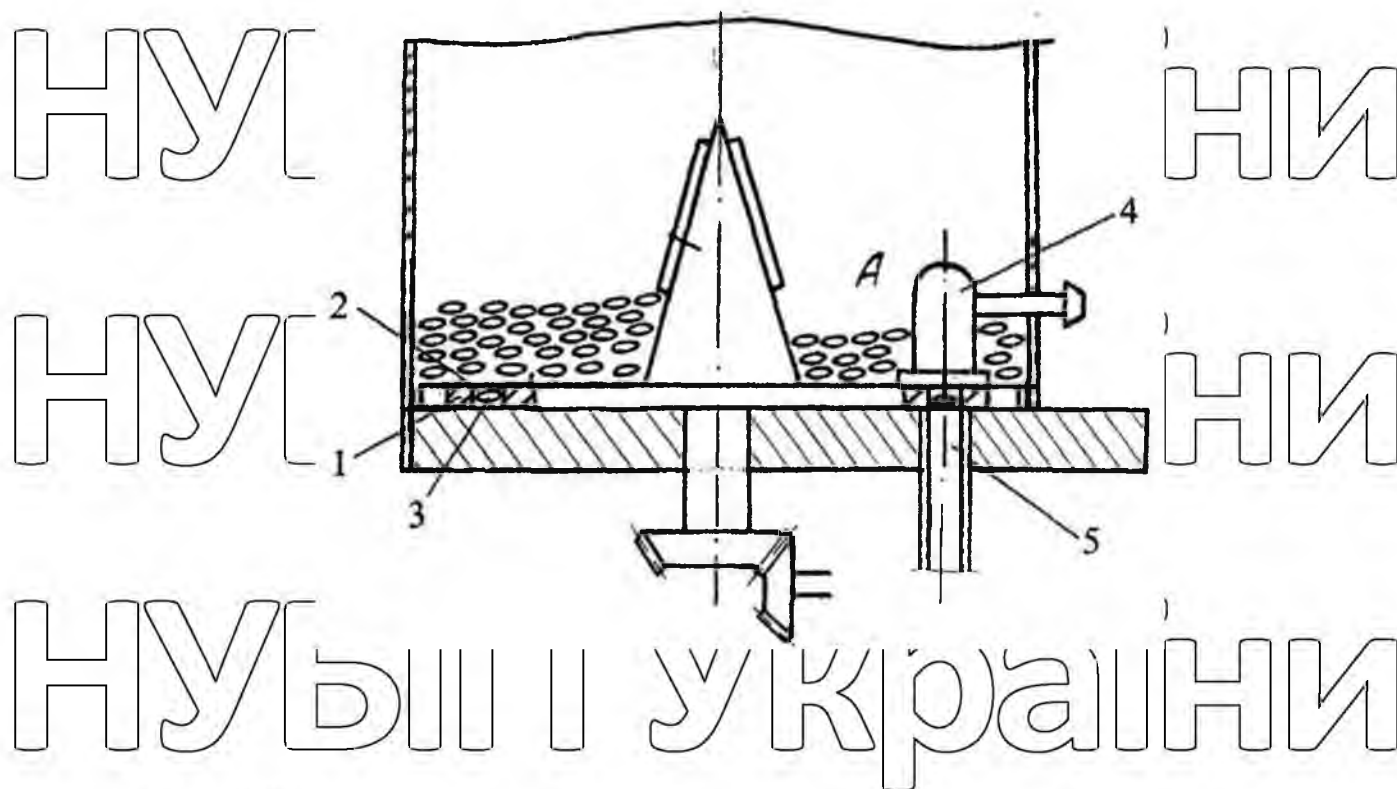


Рис. 1.4. Принципова схема дискового пневмомеханічного апарата

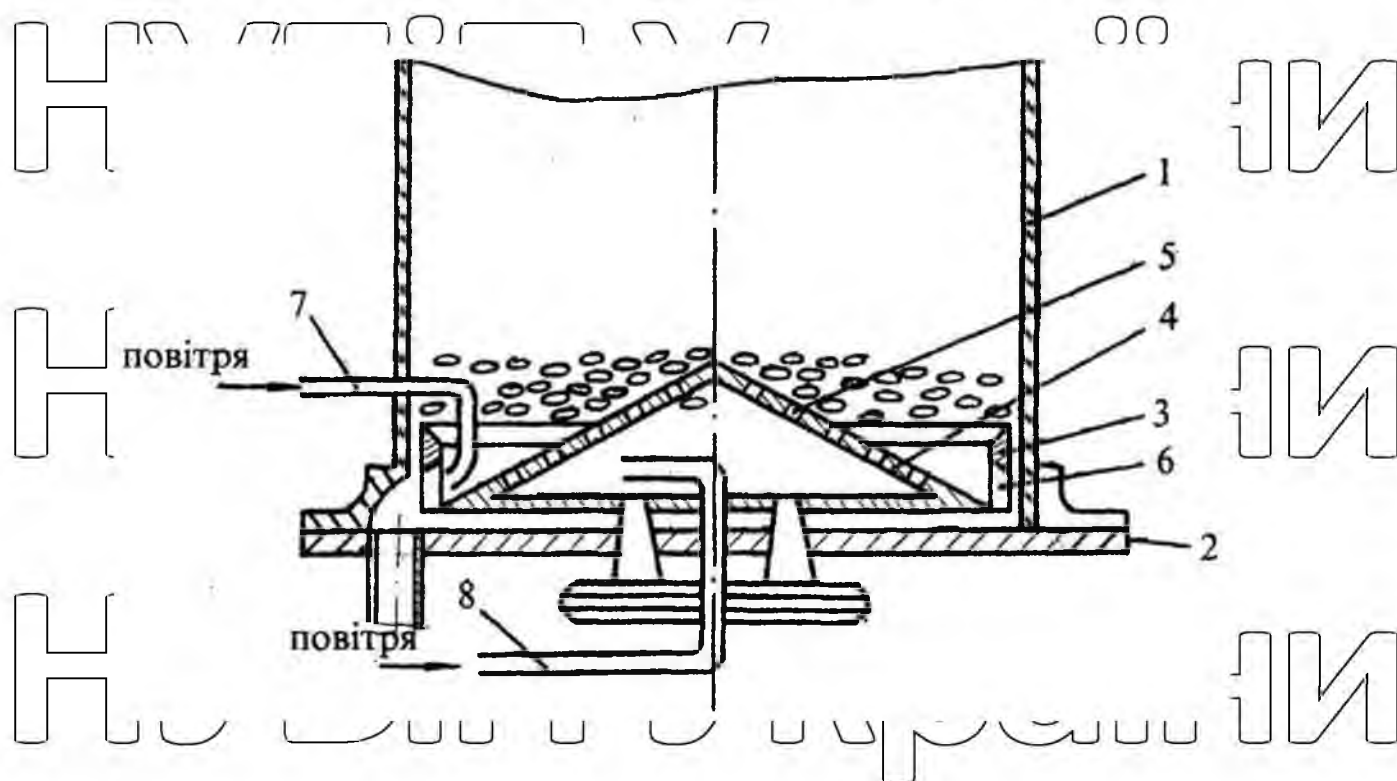


Рис. 1.5. Принципова схема висівного апарата з внутрішнім заповненням

Бункера 1 потрапляє в комірки 6. Повітря з сопла 8 поступає в порожнинний конус 4 і, проходячи через отвори, приводить в рух насіння, яке знаходиться безпосередньо на поверхні конуса. Зріджений стан насіння, створений потоком повітря, зменшує тертя між насінням і поверхнею конуса та покращує

однозерновий відбір насіння. Повітря, яке подається соплом 7, видуває насіння з комірки у насіннєспроводи.

Недоліком цього апарата є те, що його конструкція може забезпечити обслуговування невеликої зони висіву, подальше збільшення якої призводить до ускладнення і росту матеріаломісткості конструкції апарата.

Для централізованого висіву зернових колосових культур А.А.Будагов та В.П.Дванов розробили висівний апарат [12] (рис. 1.6.), який складається з бункера 1, в нижній частині якого розміщено живильні камери 2 з решітчастим днищем 3, під якими знаходяться камери 4 в які, для створення зрідженого стану насіння в

бункері, подається під тиском повітря. Над живильними камерами розташовано висівний диск 5 з присосками 6. Диск прилягає до корпусу 7, всередині якого виконано дві кільцеві камери - вакуумну 8 і нагнітальну 9. Кожна камера має два концентрично розміщені повітряпроводи - вакуумний 10 і нагнітальний 11, які через отвори 12 з'єднують висівну камеру з вакуумом, а через отвори 13 - з камерою стиснутого повітря.

При обертанні висівного диска присоски 6 захоплюють насіння з живильних камер 2 і транспортують в зону нагнітальних камер 8, що розміщені над насіннєпроводами, де відбувається відрив насіння від присосок потоком повітря.

Так як у висівному апараті є чотири зони нагнітання повітря, то за один оберт диска одні і ті ж присоски здійснюють висів чотири рази.

Недоліком такого апарата є те, що насінина, яка присмокталась до присоски на своєму шляху до нагнітальної камери переборює великий опір з боку насіння в бункері, внаслідок чого збільшується сила тертя між насінням і виникає загроза її відриву і виникнення пропуску при висіві. Забезпечити високу надійність роботи

висівного апарата можна за рахунок збільшення величини розрідження, яке створюється всередині вакуумної камери.

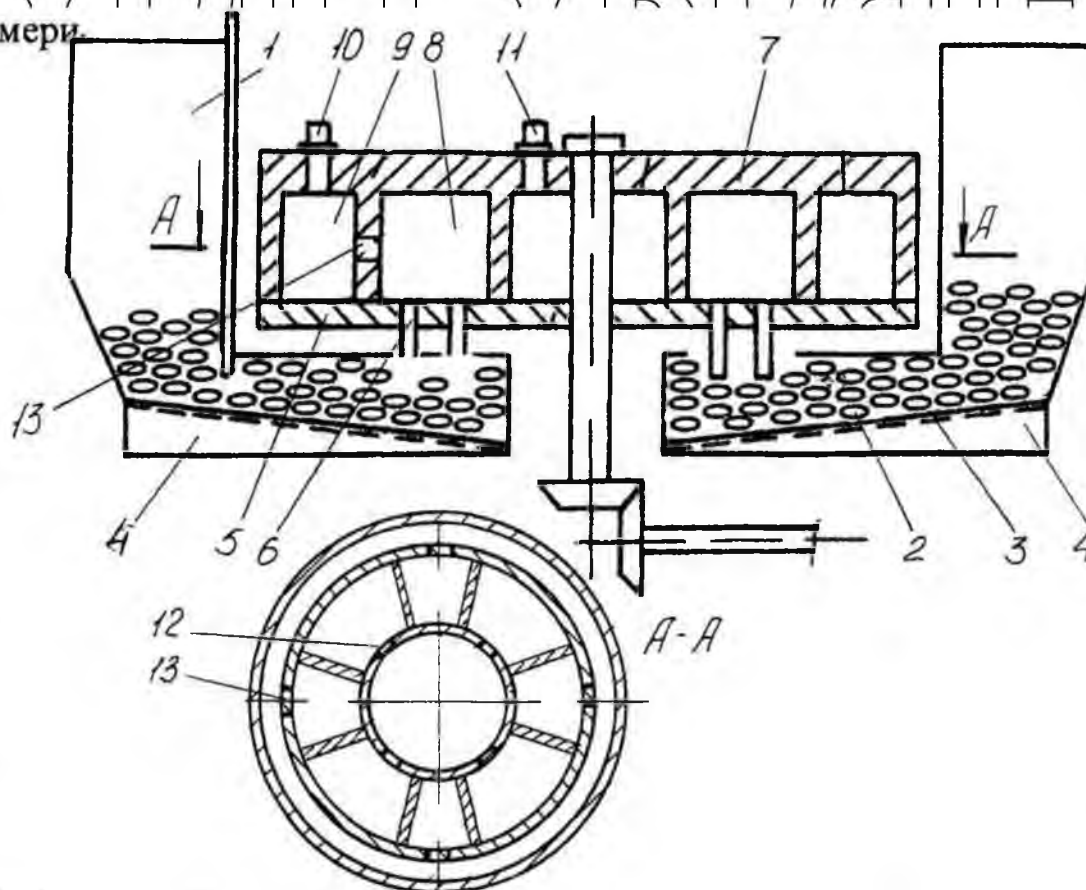


Рис. 1.6. Схема висівного апарата з нерухомими ніпелями

Заслуговує уваги конструкція висівного апарата [13], схема якого приведена на рис. 1.7. Його конструктивна особливість полягає в тому, що забір насіння здійснюється комітками 1 нарізаними на нижній основі висівного диска 2, вісь якого нахилена до горизонту під кутом  $15^{\circ}$ - $25^{\circ}$ . Кут нахилу висівного елемента до горизонту забезпечує його надійне облягання насінням, що покращує однозерновий відбір насіння і дає можливість розмістити зону висіву за межами бункера.

З метою підвищення рівномірності розподілу насіння по площі поля на висівних апаратах сівалки "Унадріл" (фірма "Шмолцер") (рис. 1.8) застосовуються висівні системи з двох розміщених один над одним нахилених дисків 1 і 2 [43].

Верхній диск 1 - висівний, а нижній 2 - виконує функцію активного насіннєпровода, що усуває основні недоліки висівних апаратів з горизонтальним і нахиленим диском.

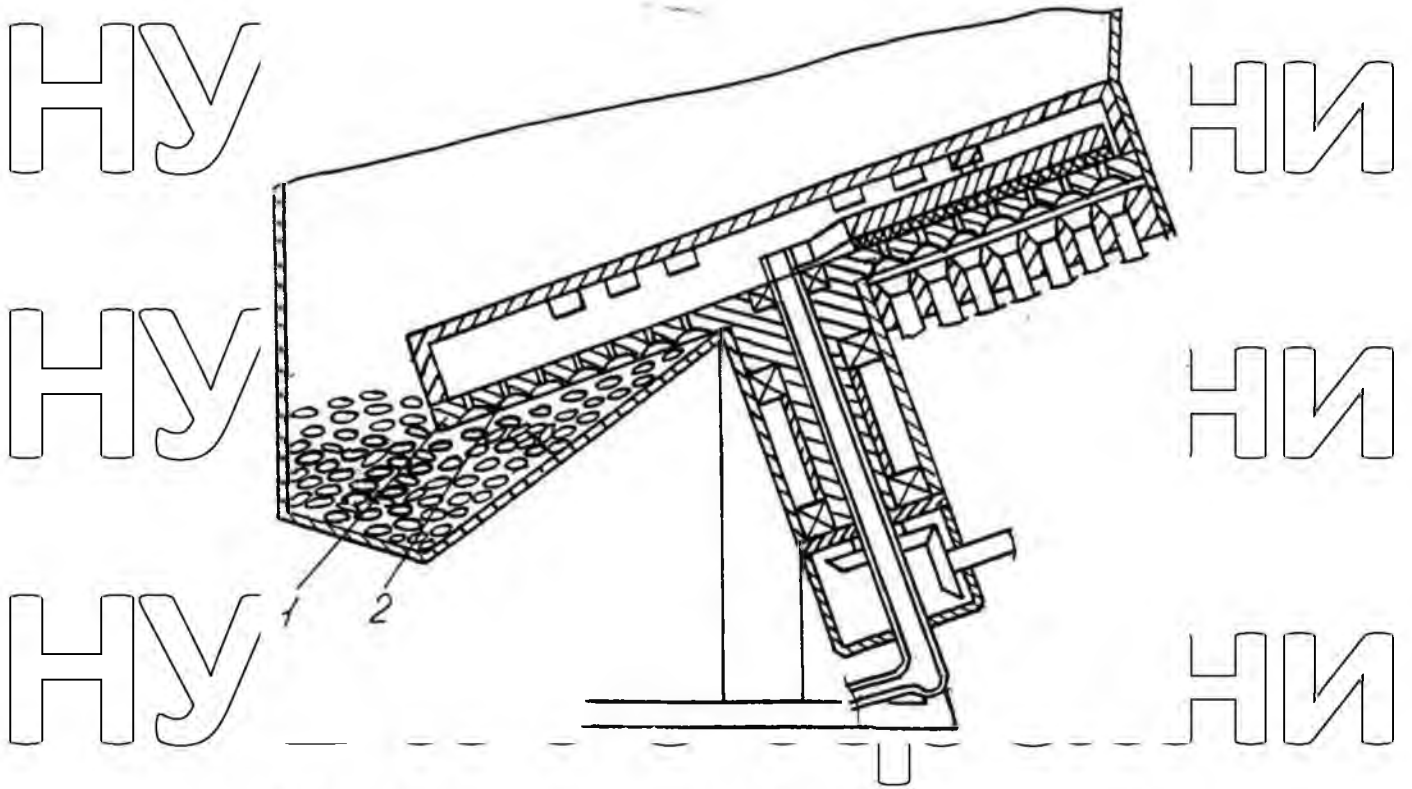


Рис. 1.7. Схема пневмомеханічного висівного апарата

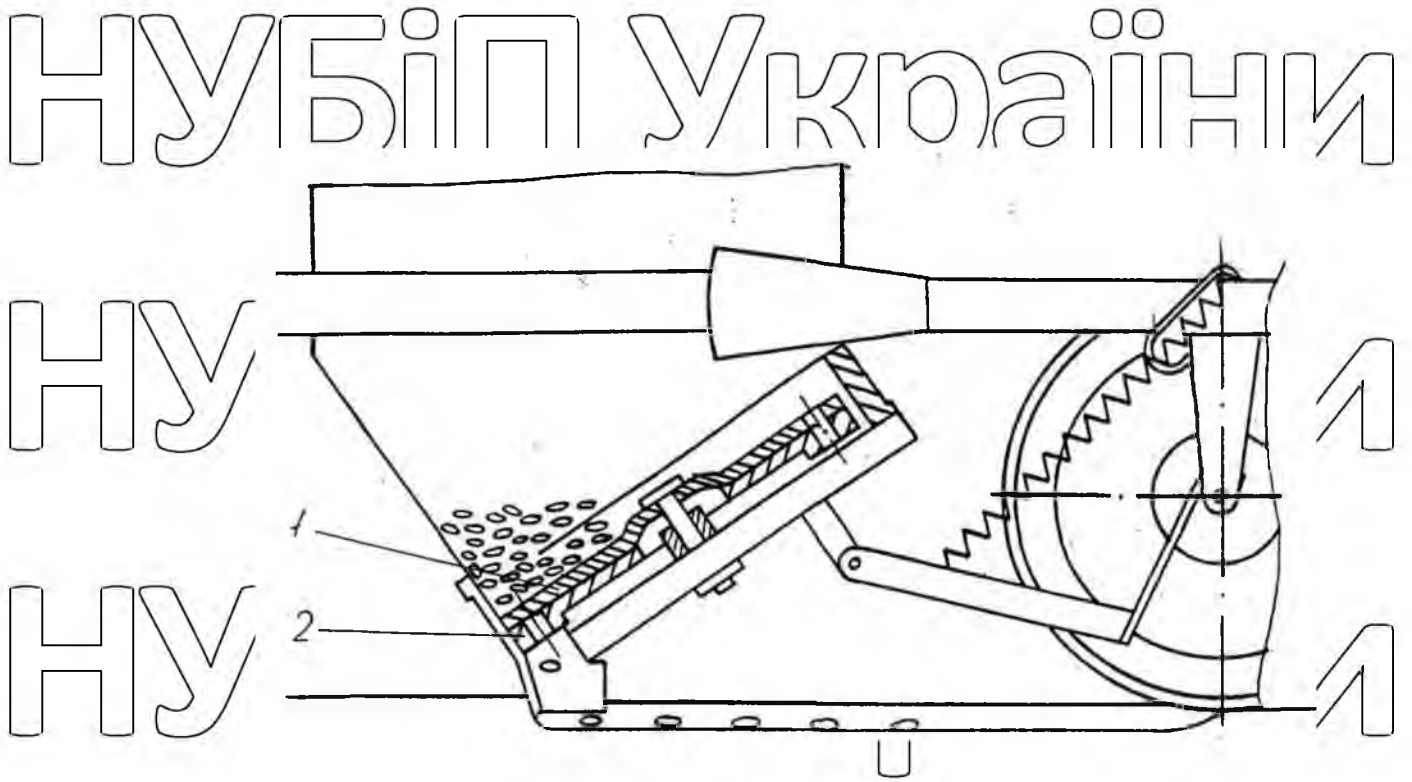


Рис. 1.8. Схема висівного апарата сівалки "Унадрил" фірма

"Шмотцер"

Намагання знайти найбільш оптимальне конструктивне рішення висівного апарата наштовхнуло на думку [14], щоб використати для централізованого відбору насіння відцентрову силу і надлишковий тиск. Схема такого апарата представлена на рис. 1.9. Він складається з бункера 1, сітки 2, сопла 3, камери 4,

насіннепровода 5, розподільчого конуса 6, направлявача 7, комірки 8, повітряпровода 9, викидного вікна 10.

Робота такого апарата протікає в такому порядку: насіння з бункера 1 висипається на сітку 2. Повітря з джерела нагнітання через сопло 3 поступає в камеру 4 і набуває обертового руху. Основний потік повітря проходить через канал 5, захоплюючи з собою насіння. Розподільчий конус 6 поділяє потік насіння на направлявач 7, який транспортує їх до комірки 8. Повітря з сопла 3 поступає по повітряпроводу 9 і видуває насіння з комірки в насіннепровода 10.

Недоліком такого апарата є його складність, матеріаломісткість та неякісне дозування насіння, оскільки за рахунок відцентрової сили ускладнюється заповнення комірки насінням і рівномірність висіву знижується.

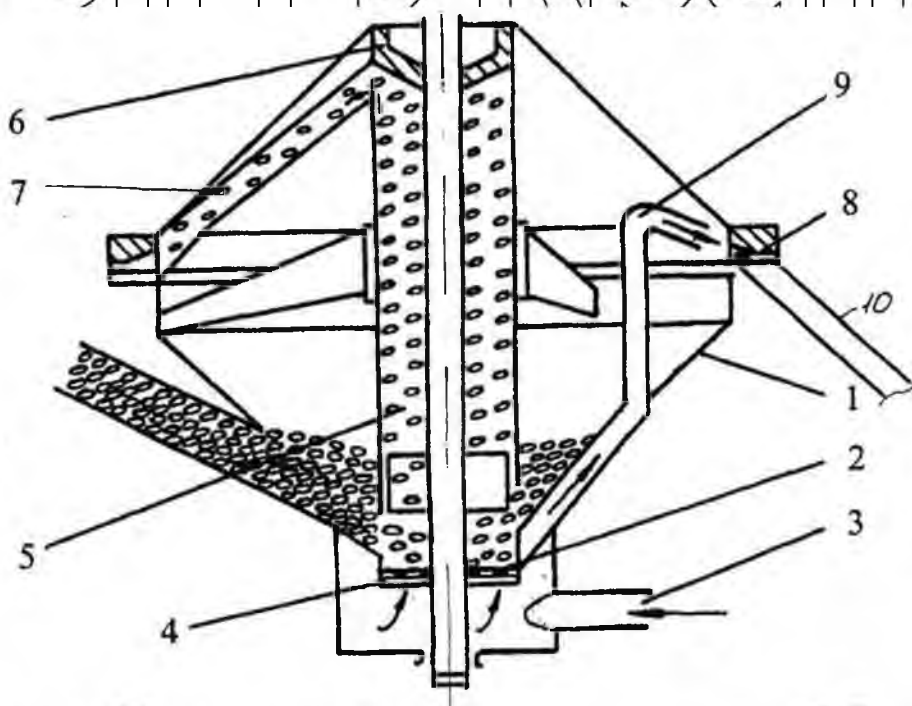


Рис. 1.9 Принципова схема відцентрового висівного апарата

Певний інтерес викликає висівний апарат – схема якого приведена на рис. 1.10 [15]. Оригінальність технічного рішення такого апарата полягає в тому, що для досягнення рівномірності висіву автори використовують

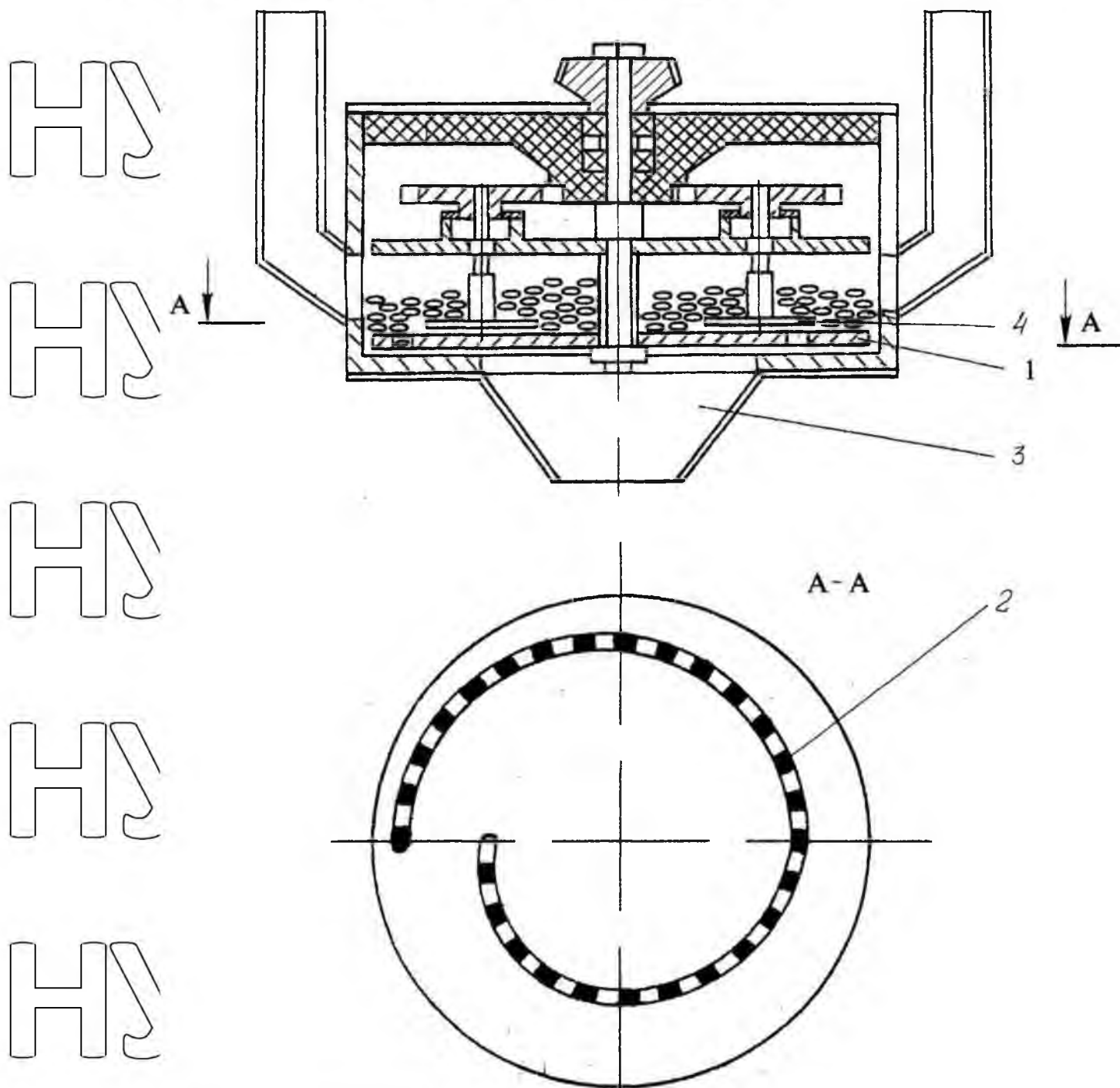


Рис. 1.10. Принципова схема висівного апарата

НУБІП України

висівний диск 1 з наскрізними прорізами у вигляді логарифмічної спіралі  
 2 При цьому з метою збільшення рівномірності висіву продовговатих насінин

висівне вікно 3 знаходиться в центрі днища, а початок спіралі приєднується до  
 висівного вікна, напрям дії якої направлено по ходу обертання диска, над яким  
 встановлено зчищаючі елементи 4.

Але цей висівний елемент, як і попередній, дуже складний у виготовленні і  
 має велику матеріаломісткість, крім того він може бути використаний тільки для  
 висіву насіння в один рядок.

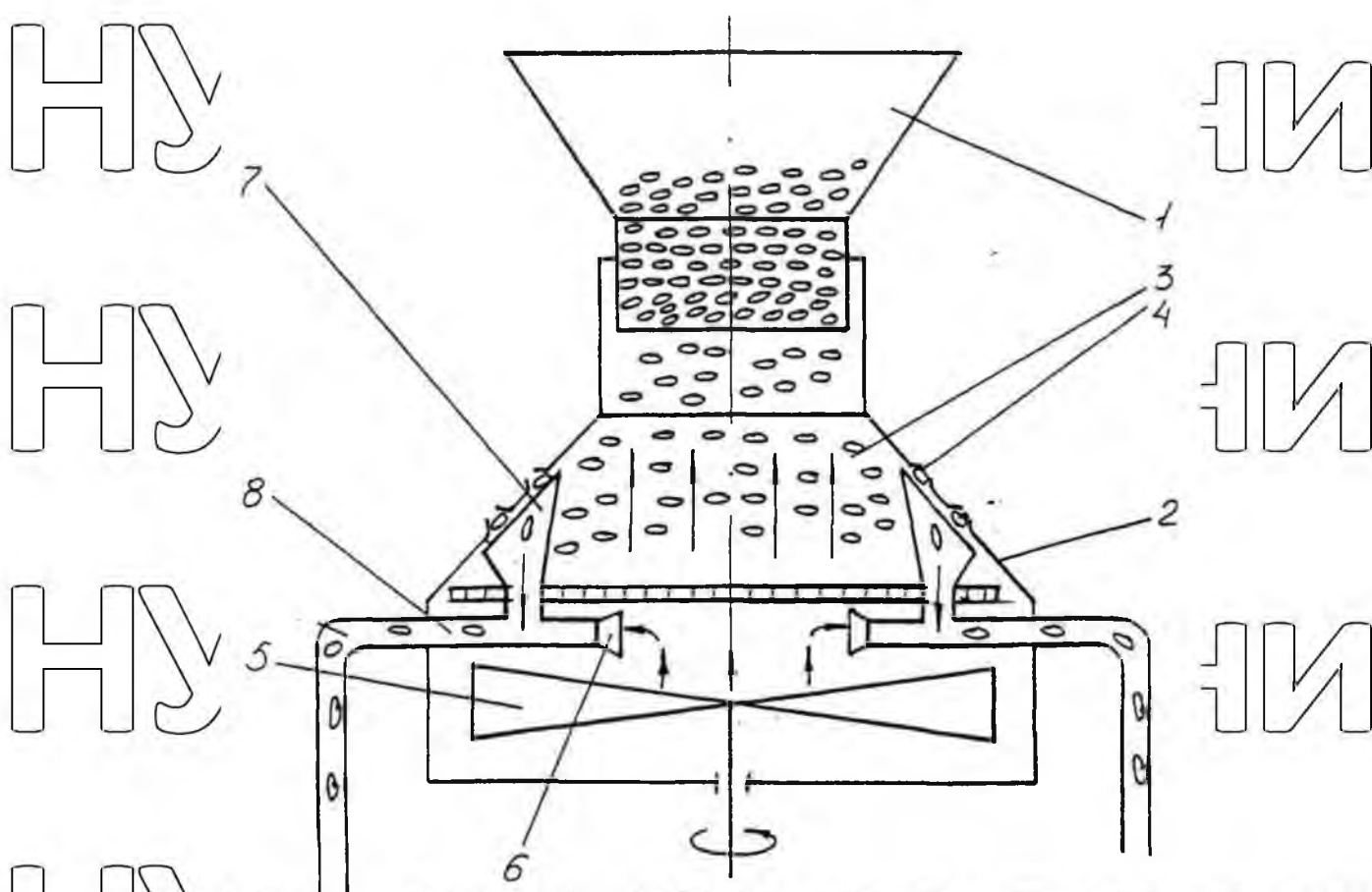


Рис. 1.11. Принципова схема висівного апарата з конічним висівним елементом.

На рис. 1.11. зображено висівний апарат захищений авторським свідоцтвом  
 №1253450 [16]. Він складається з бункера 1, висівного елемента 2, виконаного по  
 формі зрізаного конуса, насінневої камери 3,

комірки 4 з наскрізним отвором, вентилятора 5, ежектора 6, насінневловлювачів 7 і відвідних каналів 8.

Принцип його роботи полягає в тому, що при надходженні зерна з бункера 1 в висівний елемент 2 під дією повітряного потоку створюваного вентилятором 5, насіння притискується до комірки 4. При цьому повітря, яке рухається з великою швидкістю поступає в відбираючі канали 8 ежектора 6, створюючи в них розрідження. Розвантаження комірки 4 відбувається в момент, коли комірки під час обертального руху висівного елемента 2, сполучаються з насінневловлювачами 7.

Проте цей висівний апарат має суттєвий недолік - виникнення перепаду тиску у висівному елементі призводить до неякісного відбору насіння з бункера, а розрідження, яке створюється в відбірних каналах - недостатнє для відриву насіння від комірки.

На основі приведеного аналізу можна зробити наступні висновки:

1. На даний час ще не створені надійні апарати з централізованим висівом насіння зернових колосових культур, які могли б забезпечити точний висів насіння з малою нормою висіву насіння.

2. Найбільш перспективними апаратами є вакуумні апарати з конічним висівним елементом, які забезпечують централізований точний висів насіння і мають компактну конструкцію.

1.3. Огляд теоретичних і експериментальних досліджень процесу однозернового висіву насіння зернових колосових культур

Головним завданням, що ставиться перед однозерновим висівом, є здійснення рівномірного розміщення насіння по площі поля. Актуальність цього завдання, в зв'язку з інтенсифікацією сільськогосподарського виробництва та вимогами підвищення робочої швидкості посівних агрегатів, постійно зростає і над його вирішенням працює багато дослідників.

Наукові основи точного висіву насіння викладені в фундаментальних працях С.В.Кардашевецького, Г.М.Бузенкова, В.П.Чичкіна, В.С.Басна, Л.В.Погорілого

[18,20,32,43] і інших вчених. В своїх дослідженнях вони охопили широке коло питань, що стосується однозернового висіву насіння і незалежно один від одного

прийшли до одного висновку -основним в роботі висівного апарата є індивідуальний відбір насіння з загальної маси і його транспортування в зону

висіву. Ними встановлено, що найбільш ефективним висівним апаратом для здійснення однозернового висіву є вакуумний висівний апарат дискового типу в

якому насіннина утримується біля отвору диска за рахунок повітряного потоку.

Згідно даних В.В.Батуріна цей потік обмежується сферою і його швидкість  $V$  в основому напрямку можна визначити за формулою

$$V = \frac{q}{2\pi r^2}, \quad (1.1)$$

де  $q$  - витрата повітря через присмоктуючий отвір;

$\pi$  - 3,14;

$r$  - відстань від отвору до точки, в якій визначається швидкість.

Як зазначає Д.Г.Вальянов, в цьому випадку насіннина утримується біля отвору за рахунок присмоктуючої сили  $F_{пр}$  і для її визначення він запропонував формулу

[21]

$$F_{пр} = K\Delta P f_{отв}, \quad (1.2)$$

де  $K$  - поправний коефіцієнт, який враховує підсмоктування повітря через нещільне прилягання насіннини до каналу;

$\Delta P$  - різниця тисків в насінневій і вакуумній камерах,

$f_{отв}$  - площа поперечного перерізу каналу

Загальна витрата повітря висівним апаратом під час роботи визначається за формулою Д. Г. Вальянова[21]:

$$q = \eta \frac{\pi d_{отв}^2}{4} \sqrt{\frac{2gH}{\gamma_1} z}, \quad (1.3)$$

де  $\eta$  - 0,3 - коефіцієнт витрати повітря;

$d_{\text{отв}}$  - діаметр присмоктуючого каналу;  $g$  - прискорення вільного падіння  $H$  - величина розрідження, яке створюється в апараті,  $\gamma_1$  - питома вага повітря,  $Z$  - число присмоктуючих отворів.

Параметри апарата мають достатнє як теоретичне так і експериментальне обґрунтування. Але цілком ймовірно, що точний висів насіння зернових колосових культур можна здійснювати і іншими висівними апаратами. Проте варіанти таких конструкцій досі ще не розроблені. Тому є необхідність розробити принципово нову конструкцію висівного апарата централізованого точного висіву насіння зернових колосових культур, який буде альтернативою барабанному висівному апарату з горизонтальною віссю обертання. Це дасть можливість на підставі порівнянь їх техніко-економічних показників визначити тенденцію розвитку висівних апаратів. Разом з тим, відомі теоретичні і експериментальні дослідження проводились для забезпечення висіву технічних культур і отримані аналітичні залежності для визначення сили присмоктування і глибини розрідження всередині існуючих висівних апаратів фактично не дозволяють отримати значення параметрів для надійного однозернового відбору і утримання насіння зернових колосових культур в комірках.

На основі проведеного аналізу можна зробити такі висновки. Аналіз основних факторів, які впливають на процес формування врожаю зернових колосових культур показав, що найбільший вплив має рівномірність розміщення насіння по площі поля, яка досягається при однозерновому точному висіві. Звідси випливає необхідність в подальшому удосконаленні конструкції і технологічного процесу існуючих висівних апаратів для забезпечення точного висіву насіння зернових колосових культур у виробничих умовах.

За основу для подальших досліджень висівного елемента беремо зернову сівалку Gaspardo Corona X-FORCE (Рис. 1.12)

К

**Пневматична подача**

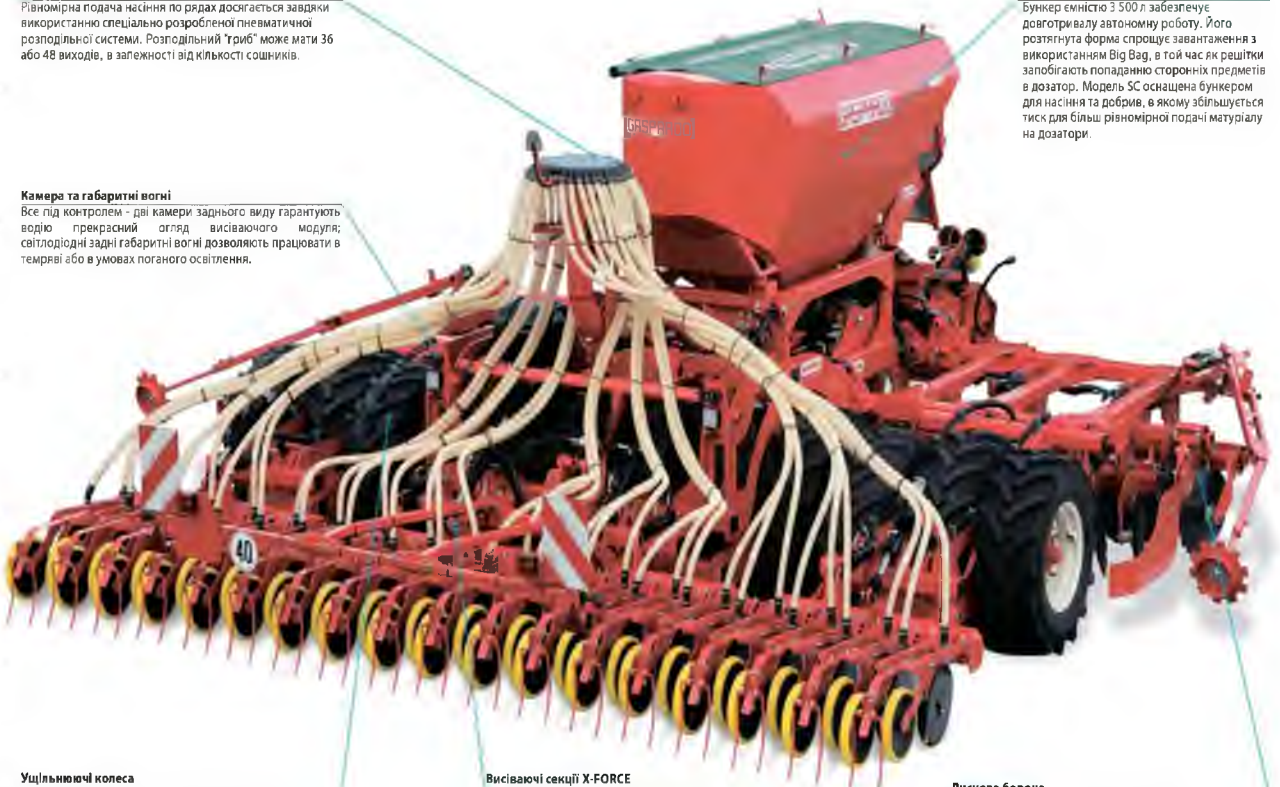
Рівномірна подача насіння по рядах досягається завдяки використанню спеціально розробленої пневматичної розподільчої системи. Розподільчий "гриб" може мати 36 або 48 виходів, в залежності від кількості сошників.

К

**Камера та габаритні вогні**

Все під контролем - дві камери заднього виду гарантують водію прекрасний огляд висівального модуля; світлодіодні задні габаритні вогні дозволяють працювати в темряві або в умовах поганого освітлення.

К



**Великий бункер**

Бункер ємністю 3 500 л забезпечує довготривалу автономну роботу. Його розтягнута форма спрощує завантаження з використанням Big Bag, в той час як решітки запобігають попаданню сторонніх предметів в дозатор. Модель SC оснащена бункером для насіння та добрив, в якому збільшується тиск для більш рівномірної подачі матеріалу на дозатори.

К

**Ущільнючі колеса**

Колеса діаметром 1 075 мм призначені для ущільнення та вирівнювання посівного ложа. Розміщення в шахтовому порядку (зі зміщенням 200 мм) дозволяє виконувати автоматичне очищення від лишнього та вологого ґрунту що забезпечує більшу маневреність.

**Висівачі секції X-FORCE**

X-FORCE — це нова висівача секція, призначена для роботи на ґрунті з будь-якими характеристиками за рахунок незалежної системи контролю тиску та глибини. Тиск на сошники гідравлічно регулюється в діаметрі від 0 до 160 кг.

**Дискова борона**

Передня борона складається з двох рядів дисків діаметром 510 мм. Кожен диск кріпиться до основної рами на резинових сайлентблоках, що забезпечує ідеальний обробток навіть на нерівній поверхні.

НУБІП України

Рис. 1.12 Зернова сівалка Gaspardo Corona X-FORCE

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Вибір об'єкта досліджень

Для здійснення точного висіву насіння зернових колосових культур велике значення має створення вискоелективних конструкцій висівних апаратів.

На даний час запропонована значна кількість висівних апаратів, які призначені в основному для висіву технічних культур. Серед них найбільшого поширення отримали механічні дискові апарати, які характеризуються простотою конструкції та надійністю в роботі. Проте, ці апарати ефективні тільки при висіві каліброваного насіння, а для висіву некаліброваного потрібно мати набір змінних дисків. Крім цього їх через значні розміри не можна застосовувати для вузькорядного висіву.

Найбільш перспективними для висіву насіння зернових колосових культур вважаються пневматичні апарати барабанного типу, в яких забір насіння здійснюється за рахунок присмоктуючої сили, що виникає в результаті розрідження у пневмосистемі.

Один з таких апаратів представлено на рис. 1.7, який здійснює централізований рівномірний висів насіння зернових колосових культур. Проте він має велику матеріаломісткість і не забезпечує якісного висіву насіння на схилах. Усунути зазначені недоліки можна за допомогою розробленого нами висівного апарата, схема якого приведена на рис. 2.18. Його новизна полягає в тому, що висівний елемент виготовлений по формі зрізаного конуса, що створює однакові умови для заповнення комірок і тим самим підвищує рівномірність розподілу насіння по площі поля. Проте цей апарат не достатньо вивчений, тому за об'єкт дослідження приймаємо пневматичний висівний апарат з конічним висівним елементом встановленим на вертикальній осі.

## 2.2 Аналіз процесу взаємодії кулькоподібних насінин з комірками висівного апарата

Рівномірний розподіл насіння по площі поля здійснюється в тому випадку, коли під час роботи висівного апарата забезпечується стовідсоткове заповнення комірок насінням та надійне їх утримання під час транспортування в зону розвантаження. Для надійного утримання насінини в комірці необхідно створити відповідні умови. Для виявлення факторів, які впливають на процес висіву насіння проведемо аналіз взаємодії насінини з комірками висівного елемента. Оскільки цей процес досить складний, то зробимо ряд припущень. Напочатку проведемо аналіз процесу взаємодії насінини кулястої форми з коміркою, а потім еліпсоїдної. Це зумовлено тим, що зміна положення насінини еліпсоподібної форми під дією зовнішніх сил, призводить до різкої зміни картини розміщення насіння біля комірки, а також в найближчих шарах насіння бункера. При цьому зміна положення кулястої насінини під дією зовнішніх сил може спричинити тільки поворот насінини навколо свого центра і не спричинить зміни розташування насіння біля комірки і в бункері.

Розглянемо це явище за умови, що насінина має кулясту форму і знаходиться в комірці на глибині рівній радіусу насінини. Комірка розміщена на поверхні висівного апарата конічної форми, який обертається в суцільному зерновом шарі. В процесі обертання висівного апарата насінина бічною стороною зустрічається з насінням бункера і в місцях їх дотику виникнуть зосереджені навантаження. Таке середовище є дискретним і для визначення навантаження насіння в точках контакту необхідно вирішувати контактні задачі. В той же час через невеликі розміри насіння і постійні зміни їх положення і точок контакту при обертанні комірки, можна розглядати дію насіння бункера на насінину в комірці, як дію сипкого середовища на рухоме в ньому тіло. В цьому випадку діюче навантаження має розподілений характер. Якщо розглядати насіння в бункері як сипке середовище, то розрахунок буде надто

складним. З метою спрощення подальшого аналізу будемо розглядати насіння як дискретне середовище.

Розглянемо взаємодію розташованих по сусідству насінин, одна з яких знаходиться в комірці, а інші - в бункері. Схема цього явища показана на рис. 2.1, а.

Насінина 1 і 2 радіусом  $r$  з центрами  $O_1$  і  $O_2$  дотикаються в точці  $C$ , з них насінина 1 знаходиться в комірці і рухається, а насінина 2 зустрічає цей рух. Позначимо точку дотику насінина 2 зі стінкою висівного апарата буквою  $B$ , а правий кінець діаметра насінина 1 буквою  $A$ . Кривизною стінки висівного апарата нехтуємо. Зі схеми видно, що в зону  $CAB$  насіння не може проникнути, отже дуга  $CA$  насінина 1 не може зазнавати тиску насінина 2 і насіння бункера. Побудувавши аналогічно на схемі насінину 3 з центром  $O$  з і розглядаючи так само, бачимо, що і дуга  $CA_1$  насінина 1 не може зазнавати тиску зі сторони насінина 3 і іншого насіння.

З врахуванням кривизни поверхні висівного елемента кут  $\alpha_0$  буде приблизно рівний  $30^\circ$ . Так як розглянутий процес відбувається в просторі, то частина поверхні насінина 1 обмежена дугою  $AC$ , що утвориться при обертанні дуги навколо осей  $O_1D$  паралельної  $BO_2$  і  $BO_3$ , не буде зазнавати тиску з сторони іншого насіння.

Таким чином, тиск від іншого насіння насінина 1 може зазнавати тільки по поверхні кулястого сегменту  $CDC_1$  з центральним кутом біля  $120^\circ$ .

При русі комірки разом з насіниною швидкості її точок  $C$  і  $H$  (рис. 2.1,6), враховуючи незначну величину насінина, будуть направлені перпендикулярно під кутами  $\beta$  і  $\phi$  до нормалей  $O_1C_1$  і  $O_1H_1$ , що проходять через точки  $C$  і  $H$  до поверхні насінина. Дослідженнями [12] встановлено, що якщо кут  $\beta$  між швидкістю точки поверхні круглого тіла (насінина 1) і нормаллю проведеною через цю точку до поверхні тіла, буде не більше кута  $\phi$  внутрішнього тертя між тілом і дотичним до нього середовищем, то тіло і частинки середовища будуть рухатися в одному

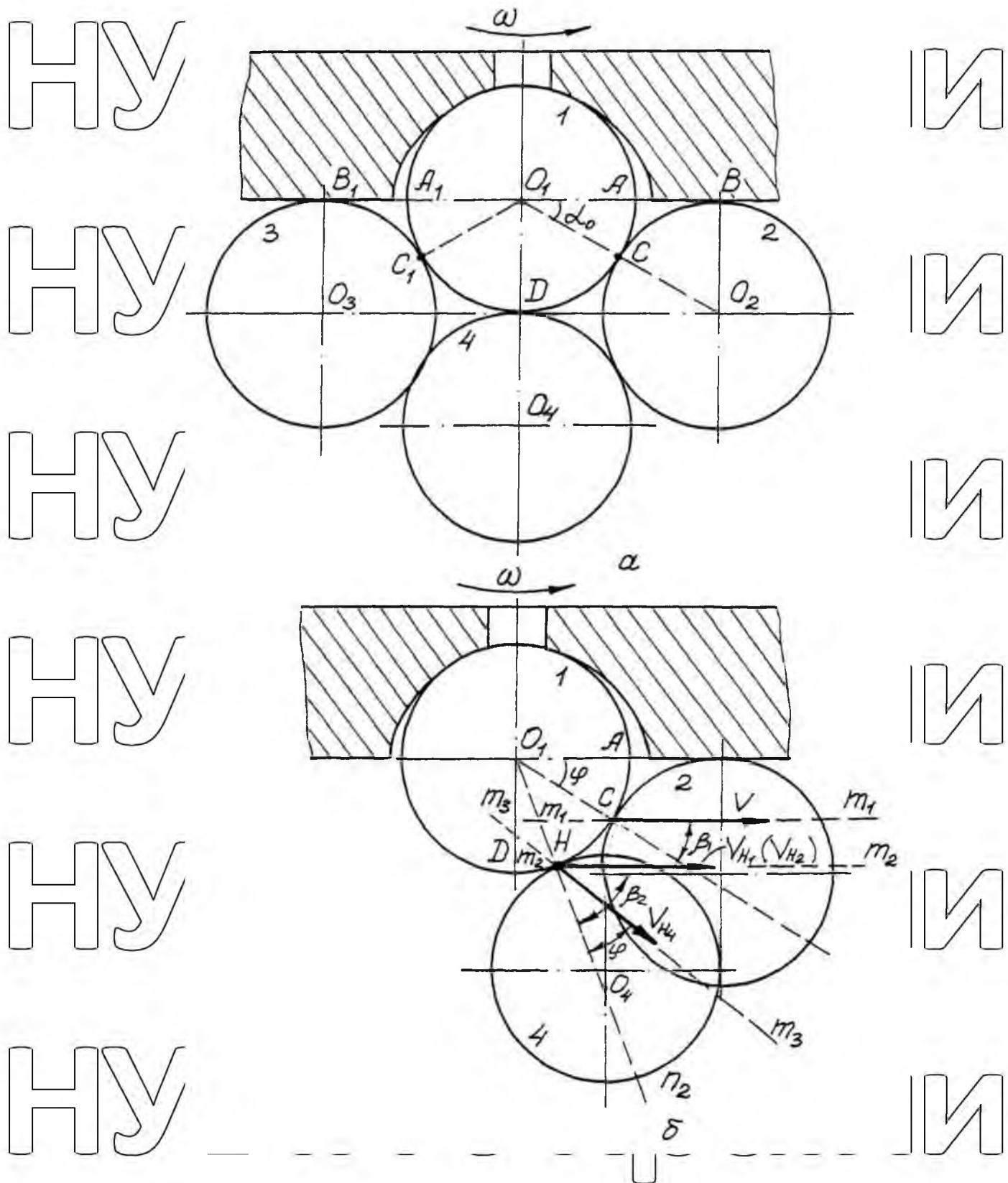
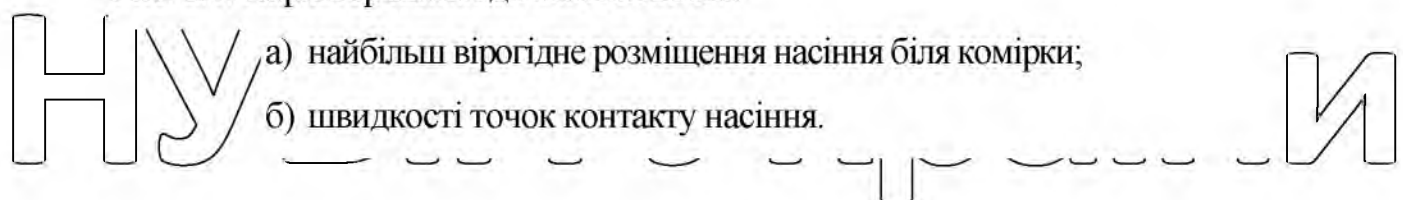


Рис. 2.1. Характер взаємодії між насінням:



напрямку. При цьому ковзання не виникає. Якщо кут  $\beta$  більший кута тертя  $\varphi$ , то точки тіла будуть ковзати відносно частинок середовища і швидкості частинок середовища будуть відхилені від швидкостей дотичних до нього точок тіла на кут  $\beta - \varphi$  в сторону від нормалі.

Цей випадок показано на рис. 2.1, б, в зоні біля точки С  $\beta > \varphi$  точка С насінини в комірці і точка дотичної до неї насінини рухаються в одному напрямку – по  $m_1 C m_1$ . Насінина в комірці діє на зустрічну насінину як деформатор. Біля точки С насінини 1 і біля точки С насінини 2 швидкість одна і та ж і рівна  $V$ . В зоні ж біля точки Н  $\beta < \varphi$ , швидкість точки Н насінини в комірці, яку позначимося  $V_{H1}$ , направлена по  $H n_2$ , а точка Н дотичної до неї насінини 4 буде рухатися по лінії  $H m_3$  зі швидкістю  $V_{H2}$ , що проведена під кутом  $\varphi$  внутрішнього тертя насіння до нормалі. Отже,

напрямок руху зустрічного насіння біля точки Н не співпадає з напрямком руху точок насінини в комірці.

З рис. 2.1, б видно, що для точки С кут  $\varphi$  рівний куту  $\angle C O_1 A$ , а для точки Н кут  $\beta$  рівний  $\angle H O_1 A$ . Найбільша дуга АС, при якій швидкість точки С насінини 1 і швидкість точки С насінини 2 співпадають, буде тоді, коли кут  $\angle A O_1 C$  (тобто  $\varphi$ ) буде рівний куту  $\beta$ . Раніше було встановлено (рис. 2.1, а), що дотик насінини 1 і 2 може бути по цій схемі тільки нижче точки С. Виходячи з цього можна зробити висновок, що на дузі кола насінини 1 є ділянка, точки якої при дотику з точками насінини 2 рухаються з однаковими швидкостями і сила тиску насінини 1 на насінину 2 направлена в напрямку швидкості  $V$ . Якщо ж кут більший за кут тертя  $\varphi$  то швидкості дотичних точок будуть різні і сила тиску насінини 1 на зустрічну насінину буде діяти по лінії  $m_3 H m_3$ , яка відхилена від нормалі  $O_1 H n_2$  на кут  $\varphi$ .

В нашому випадку кут  $\varphi$  згідно експериментальних даних рівний  $35^\circ$ . Це означає, що в точці С (рис. 2.1, а) і нижче неї сила тиску насінини 1 на насінину 2 направлена в напрямку швидкості руху

насінини 1, отже і насінина 2 діє на насінину 1 по лінії  $A_1B_1$  (справа наліво).

Так виникає лобовий опір, який діє на насінину 1 при русі.

На рис. 2.2, побудована схема розташування насіння в бункері і сили, що діють на насінину в комірці зі сторони насіння бункера. З рис. 2.2 видно, що насінина в комірці підпирається насінням 2, 3 і 4, з них насінина 2 і насіння, яке знаходиться за нею створюють лобовий опір, насінина 4 і насіння, яке знаходиться за нею створюють бічний опір, а насінина 3 створює незначний опір, тому що насінина 1 при русі відходить від насінини 3. В подальшому цей опір враховувати не будемо.

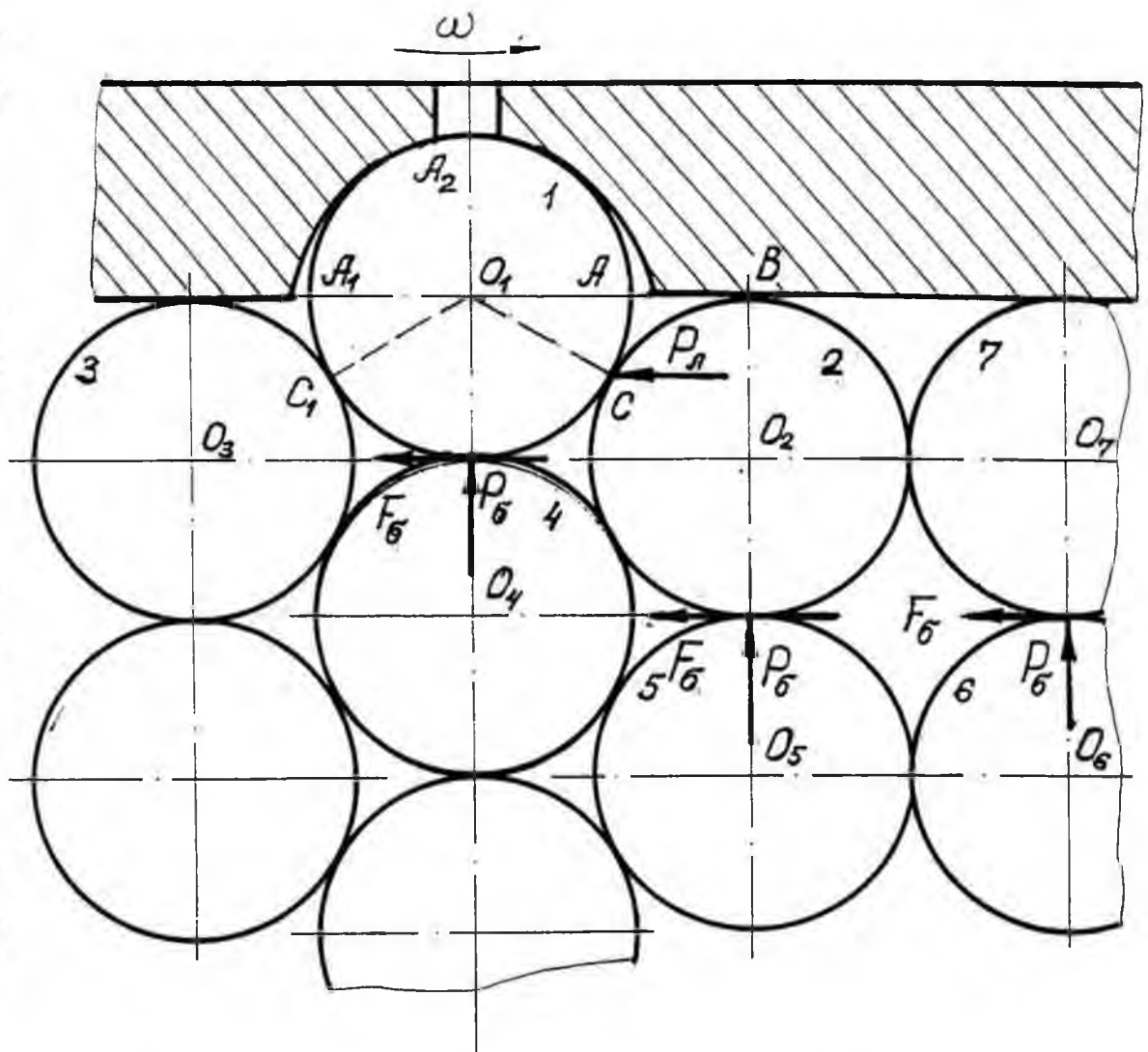


Рис. 2.2. Схема для визначення сил взаємодії між насінням в кінцічному висівному апараті

Як вже зазначалось вище, протилежно напрямку швидкості  $V$  точки  $C$  насінини 1 діє лобовий опір. Позначимо цей опір індексом  $R_l$ . Він утворюється внаслідок дії бічного тиску насіння і тертя насіння 5 і 7 відносно насіння 2 і 6 (рис. 2.2). Окрім лобового опору насінина 1 долає бічний опір, що має місце в точці  $D$ . В даній точці на насінину 1 зі сторони насінини 4 діє сила бічного тиску  $R_b$  і сила бічного тертя  $F_b$ . Якщо до цих сил додати відцентрову силу інерції насінини 1, яка виникає внаслідок обертання висівного елемента, та присмоктуючу силу, яка утримує її в комірці і сили реакції комірки, а після цього скласти на основі принципу Даламбера рівняння рівноваги сил і розв'язати їх, то можна визначити необхідне значення присмоктуючої сили для утримання насінини в комірці.

### 2.3. Визначення конструктивних параметрів конічного висівного елемента

Схема апарата з конічним висівним елементом представлена на рис. 2.3, його конусна поверхня направлена своїм вістрям вниз. Апарат знаходиться в бункері і при обертанні навколо вертикальної осі з постійною кутовою швидкістю  $\omega$  в суцільному зерновому шарі своїми комірками захоплює насіння і вносить їх з бункера. При цьому центри комірок, що лежать в одній горизонтальній площині, розміщені на горизонтальних колах, радіуси яких, в міру переходу від одного кола до другого вниз, зменшуються. Число цих кіл по висоті рівно числу пр рядів насіння, що одночасно висіваються в сошники. В кожній горизонтальній площині по колу розміщується однакова кількість комірок  $n_0$ . Але для кожного кола комірочки розміщуватимуться з своїм крок

За один оберт конуса, який здійснюється за час  $t_0 = 2\pi/\omega$  (тут  $\pi = 3,14$ ;

$\omega$  - кутова швидкість обертання конуса), в одному рядку висівається  $pn$  насінин. За цей час сівалка пройде шлях  $l$  на якому в одному рядку буде висіяно  $pnHs_0$  насінин (тут  $pn$  - кількість насінин, які повинні бути висіяні в одному рядку на шляху  $l$  м). Добуток  $pnHs_0$  рівний кількості комірок  $n_0$ , тобто:

$$n_0 = \frac{pnHs_0}{l}$$

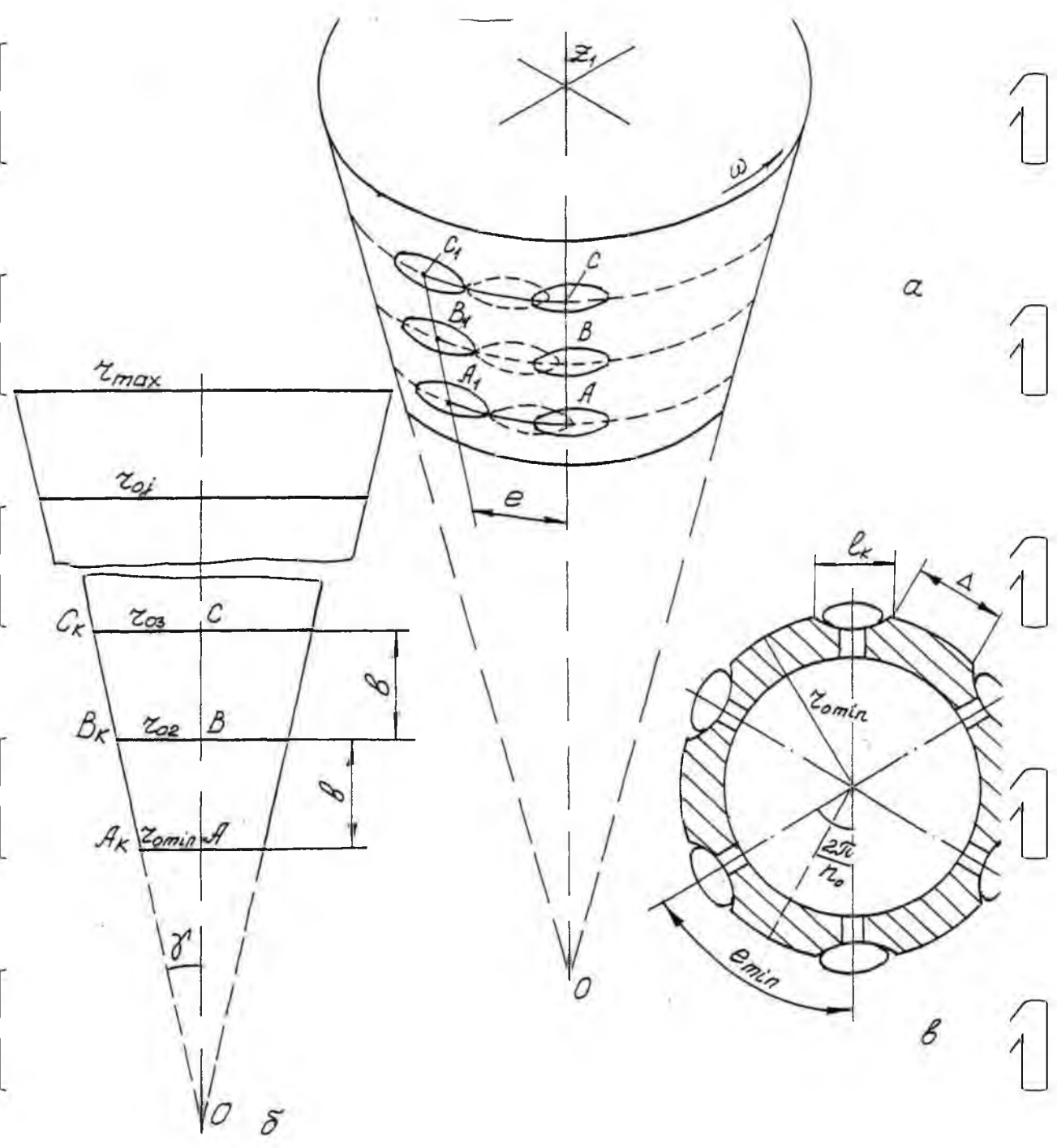


Рис. 2.3. Розміщення комірчин на конічній поверхні висівного елемента

Інтервал  $b$  між сусідніми горизонтальними колами по вертикалі, на яких розміщено центри комірок, встановлюється з конструктивних міркувань. Як вже зазначалось, радіуси кіл розміщення центрів комірок в міру переходу від одного

кола до іншого вниз, зменшуються. В той же час кількість комірок на кожному колі однакова і рівна  $n$ . В такому випадку відстань (крок) між центрами сусідніх комірок, яку позначимо буквою  $e$ , в міру переходу від одного кола до іншого вниз зменшується також. Схематично це показано на рис. 2.3 а, б і в. На

рис.2.3 а, показано частини трьох кіл з комірками, центри яких позначено  $A, A_1, B, B_1, C, C_1$ . Відстань  $AA_1$  між комірками позначимо через  $e$ ,  $l$  – відстань між краями комірок і приблизно рівна 2мм. Тоді радіус нижнього кола  $r_{0min}$  буде рівним  $r_{0min} = e_{min}n_0/2\pi$ . З врахуванням останнього виразу можна визначити мінімально-можливий діаметр меншої основи конусного висівного елемента:

$$d_{0min} = \frac{e_{min}n_0}{\pi} \quad (2.2)$$

Наступне коло комірок, з яких насіння висівається в другий сошник, розміщене вище нижнього кола на відстані  $b$ . Для визначення радіуса  $r_{02}$  цього кола, розглянемо схему на рис.2.3 б, на якій показано вид збоку конусної поверхні з кутом конусності  $\gamma$ . На цій схемі  $O$  - вершина конуса.

$AA_k$  – радіус  $r_{0min}$ ,  $BB_k$  – радіус  $r_{02}$ . З подібності трикутників  $OB_kB$  і  $OA_kA$

випливає, що  $\frac{r_{02}}{BO} = \frac{r_{0min}}{AO} = \text{tg}\gamma$ , при цьому  $BO = b + AO$ . Тоді  $AO = \frac{r_{0min}}{\text{tg}\gamma}$

а  $r_{02} = \left(b + \frac{r_{0min}}{\text{tg}\gamma}\right) \text{tg}\gamma$ . Остаточно отримуємо:

$$r_{02} = b \text{tg}\gamma + r_{0min} = b \text{tg}\gamma + \frac{e_{min}n_0}{2\pi} \quad (2.3)$$

Аналогічно визначається радіус  $r_{03}$  кола центрів комірок, розташованих вище розглянутого кола; позначимо цей радіус через  $r_{03}$ . З врахуванням викладеного, радіус  $r_{03}$  буде рівним;

$$r_{03} = 2btg\gamma + \frac{e_{min}n_0}{2\pi}. \quad (2.4)$$

Радіус  $r_{0j}$  кола центру комірок для  $j$ -го ряду насіння (вважається знизу вгору) буде рівним:

$$r_{0j} = b(j-1)tg\gamma + \frac{e_{min}n_0}{2\pi}. \quad (2.5)$$

Верхнє коло центрів комірок характеризується тим, що  $j$ -пр. Тоді максимальний діаметр висівного елемента буде рівний:

$$d_{0max} = 2b(n_p - 1)tg\gamma + \frac{e_{min}n_0}{\pi}. \quad (2.6)$$

З врахуванням наведених даних визначимо відстань між центрами комірок (крок)  $e$ . Вище визначено мінімальне значення цієї відстані  $e_{min}$  для нижнього кола, що позначено номером 1, тому  $e_{min}$  рівно  $e_1$ .

З врахуванням (2.1) і (2.5)  $e_j$  можна записати, що:

тут  $l_n$  - довжина насінини, яка знаходиться в комірці.

$$e_j = e_{min} + \frac{b\omega(j-1)tg\gamma}{n_n v_m}.$$

Кількість насінин  $n$ , яка може поміститися між комірками на  $j$ -му ряду

$$n = \frac{e_j - l_n}{l_n},$$

Підставивши відповідні значення в вираз (2.7) на рис.2.4 побудовано

графічну залежність радіуса розміщення комірок  $r_0$  від кута нахилу твірної  $\gamma$ . З

приведеного графіка видно, що із збільшенням кута  $\gamma$  радіус  $r_0$  на яких

розміщено комірці збільшується і при наближенні кута  $\gamma$  до  $90^\circ$  всі кола розміщуються в одній площині і висівний елемент набуває форми диска, а при зменшенні кута  $\gamma$  до  $0^\circ$  всі кола мають однаковий радіус і висівний елемент набуває вигляду циліндра розміщеного на вертикальній осі.

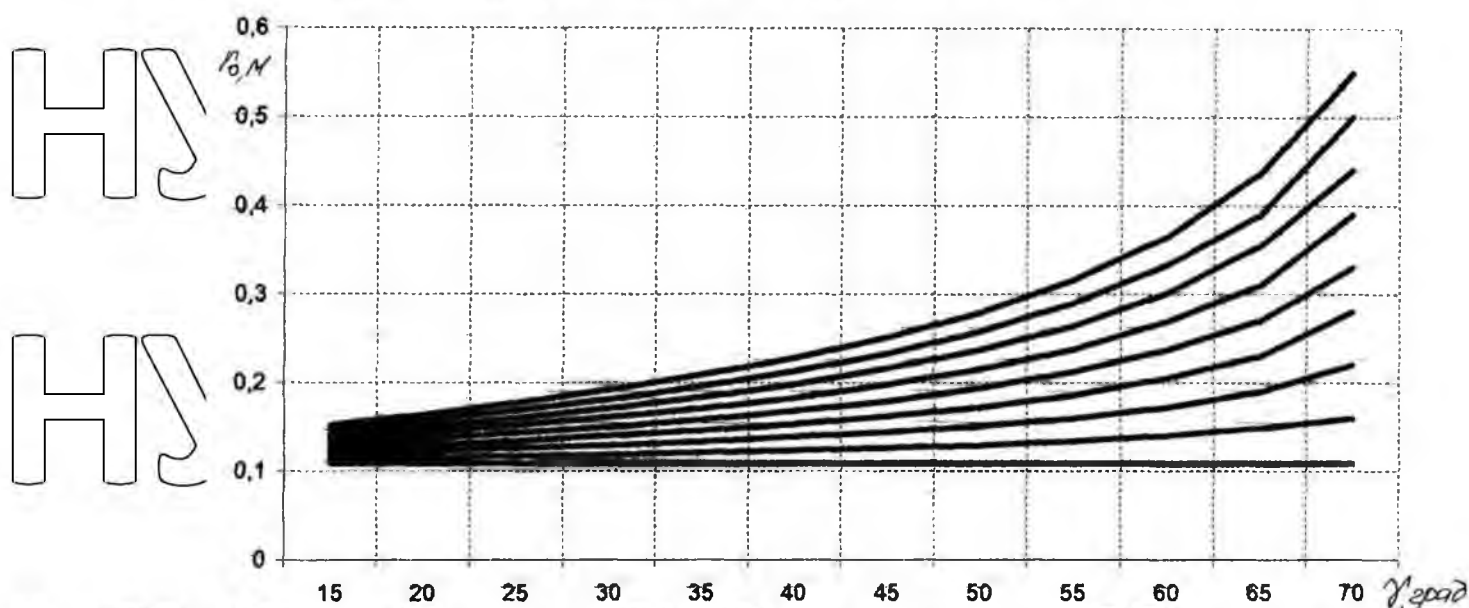


Рис. 2.4 Графічна залежність величини радіуса го кіл, на яких розміщені комірці від кута нахилу  $\gamma$  твірної конуса висівного елемента

#### 2.4. Визначення сили присмокування насінини до комірки висівного елемента

Силу присмокування насінини до комірки можна визначити з умови рівноваги сил, що діють на насінину при обертанні висівного елемента в суцільному зерновому шарі [20,48].

Для розгляду умов рівноваги насінини, яка знаходиться в комірці кінцевого висівного елемента, звернемося до рис.2.10 а, на якому показано переріз насінини в комірці в площині направлений перпендикулярно до поздовжньої її осі, а на (рис.2.10, б) поздовжній розріз насінини і комірки в

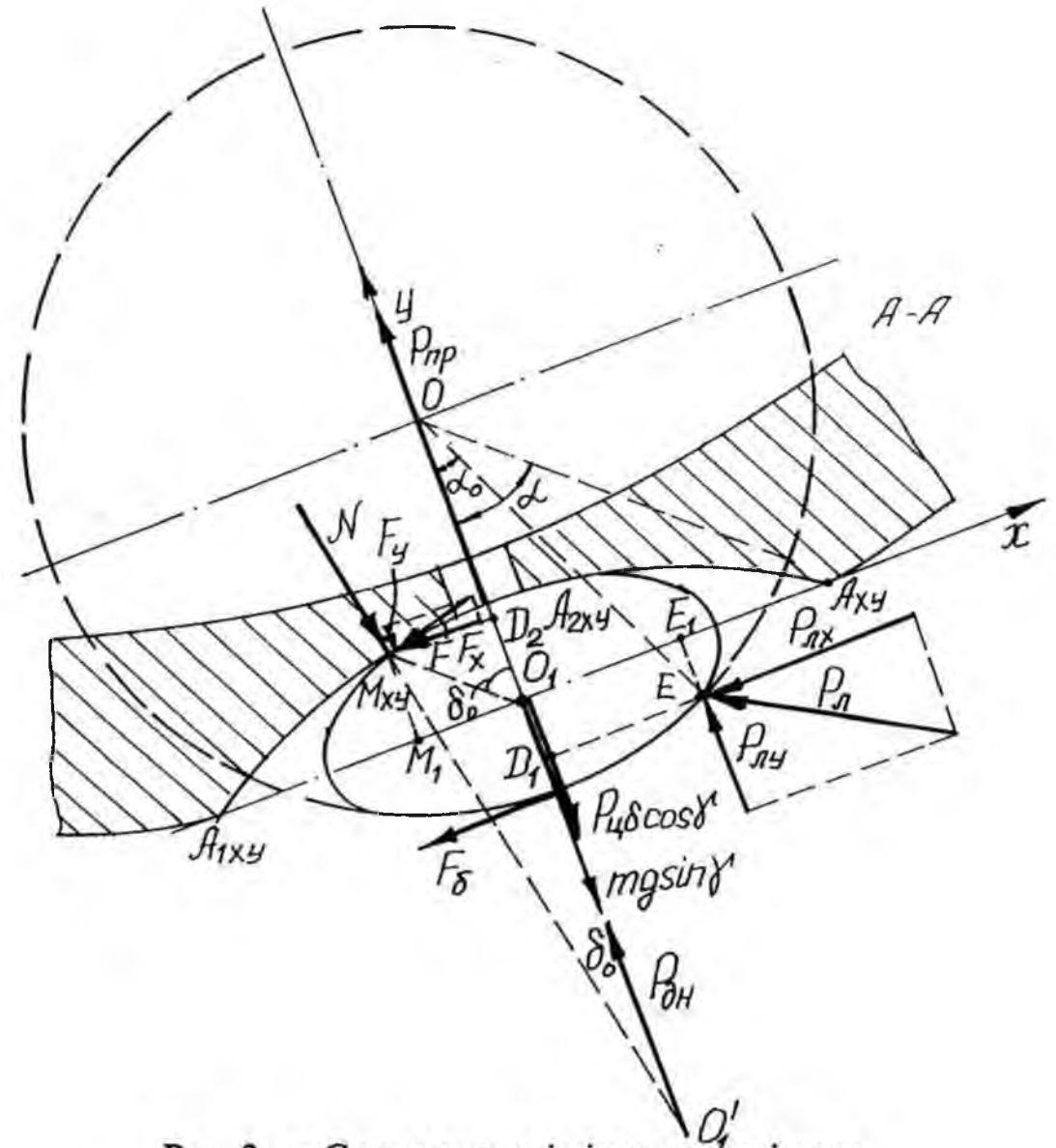
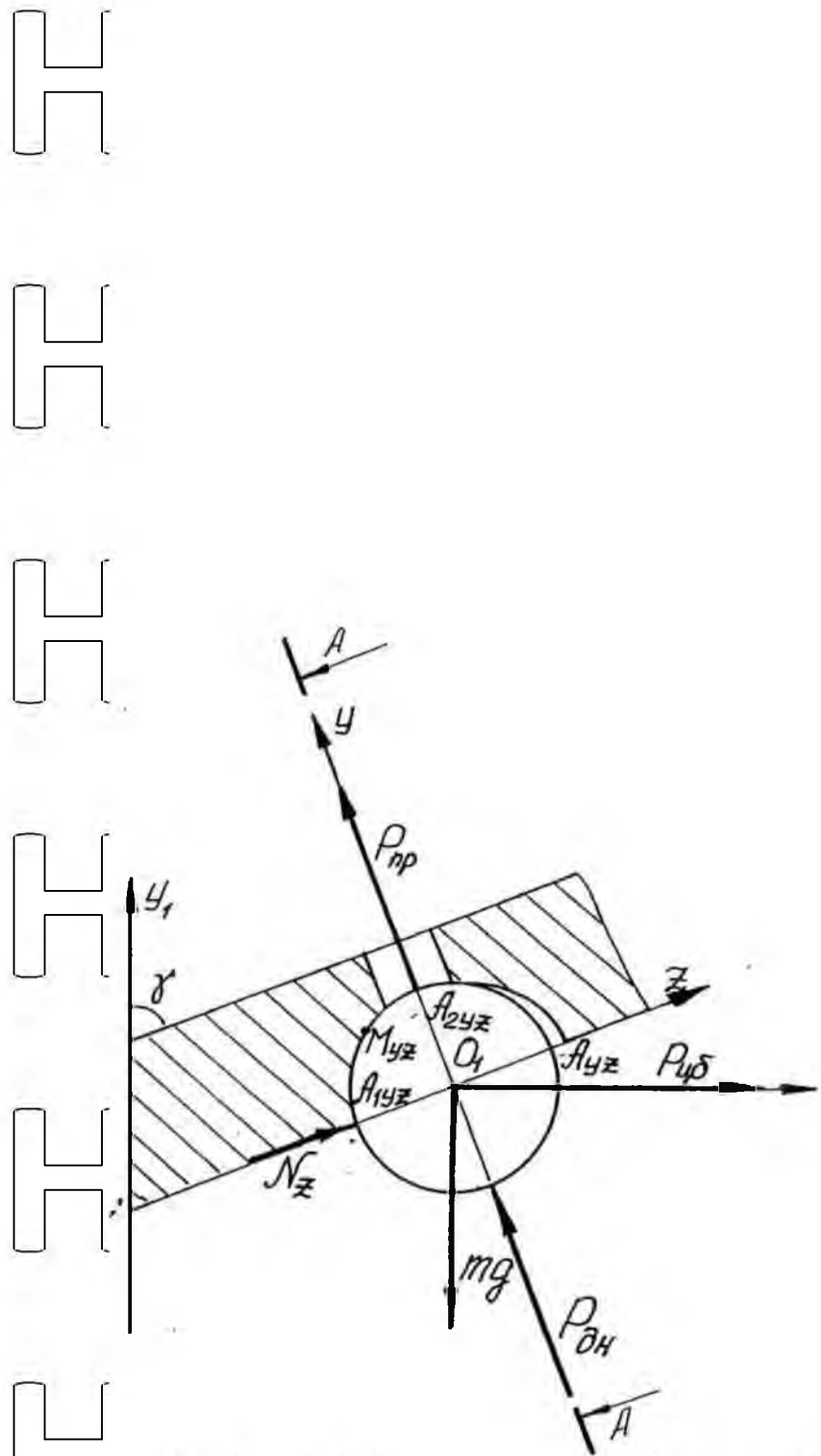


Рис. 2. 5 Схема сил, які діють на насініну

К у ш о о у к р а н н и

площині  $A_1A$ . Поперечний переріз насінини зображений у вигляді кола, а поздовжній показаний як еліпс. На схемах проведена система координат  $xO_1y$  з початком в центрі  $O_1$  насінини 1, вісь  $x$  проведена в напрямку руху центра

насінини по дотичній до його траєкторії, вісь  $y$  проведена в напрямку дії присмоктуючої сили, а вісь  $z$  - перпендикулярно площині  $xO_1y$  до твірної конуса в напрямку протилежному осі обертання висівного елемента.

На насінину рис. 2.5 б, яка знаходиться в комірці, діють наступні сили: сила лобового опору  $R_л$ , сила бічного тиску  $R_б$ , сила тертя  $F_б$  між насіниною в комірці

і насінням в бункері, сила тяжіння  $mg$ , відцентрова сила інерції  $R_{вц}$  присмоктуюча сила  $R_{пр}$  і сила  $N$  реакції з боку комірки на насінину. Сила бічного тиску  $R_б$  (з боку зернового шару в бункері) діє на насінину розміщену в комірці знизу і збоку, ця сила направлена по нормалі до поверхні конічного висівного

елемента і так як форма бункера повторює форму висівного елемента, то ця сила направлена по нормалі до нижньої стінки бункера. Насіння, яке знаходиться в бункері, тисне на днище, створюючи при цьому тиск  $\sigma_{дн}$ , який визначається за формулою (1.11), з таким же тиском  $\sigma_{дн}$

днище тисне на зерновий шар в бункері, створюючи при цьому бічний тиск зі сторони бункера на насінину в комірці. Якби висівний елемент знаходився в

стані спокою, то сила бічного тиску визначалась би за формулою (2.14), але так як висівний елемент обертається, то відцентрова сила  $R_{вц}$  в деякій мірі відкидає

насіння, яке знаходиться в бункері від насінини в комірці, тим самим зменшуючи силу бічного тиску  $R_б$ . При цьому сила тяжіння також зменшує тиск на насінину

в комірці зі сторони насіння бункера. Отже, з врахуванням цього можна визначити силу  $R_{дн}$ , з якою насіння бункера буде тиснути на насінину в комірці:

$$R_{дн} = \pi b a k_{\partial} \rho g h (\cos^2 \gamma + m_{\omega} \sin^2 \gamma) n_1. \quad (2.15)$$

Отже, сила бічного тиску рівна

$$R_б = \pi b a k_{\partial} \rho g h (\cos^2 \gamma + m_{\omega} \sin^2 \gamma) n_1 - m \omega^2 r_{\theta j} \cos \gamma - mg \sin \gamma. \quad (2.16)$$

Сила лобового опору  $P_x$  для комірок розміщених на  $j$ -му колі визначається з врахуванням виразів (2.5), (2.12), (2.13) за формулою:

$$P_x = [nba k_0 f g h (\cos^2 \gamma + m_{\text{вд}} \sin^2 \gamma) - m \omega^2 r_{0j} \cos \gamma - mg \sin \gamma] \left[ 1 + f \left( \frac{e_j - l_x}{l_n} \right) \right], \quad (2.17)$$

де  $J$  - номер кола центрів комірок.

Відцентрова сила інерції  $P_{\text{л}}$  рівна то 2гої і так як висівний елемент конічної форми, то її величина залежить від зміни радіуса обертання комірок.

Із збільшенням радіуса кола відцентрова сила  $P_{\text{вц}}$  збільшується.

Присмоктуюча сила  $P_{\text{л}}$  направлена по осі  $O_i y_i$  (рис. 2.5 а) яка проходить по напрямку осі присмоктуючого каналу комірочки. Сила  $F_e$  рівна  $P_{\text{б}}$ . Сила  $P_{\text{б}}$  визначається за формулою (2.14). Сила тертя  $F_e$  насінини 3 відносно насінини 1 рівна  $f N_{\text{с1}}$  тобто  $P_{\text{б}}$ , де  $f$  - сила, з якою насінина 3 тисне на насінину 1, а  $f$  - коефіцієнт внутрішнього тертя, який рівний  $\tan \langle \rho, \text{ тут } \rho \rangle$  - кут тертя. Сила  $F_{\text{в}}$  рівна  $P_{\text{м}} - mg \sin \gamma - P_{\text{цсоу}}$ .

Отже, сила тертя буде рівною:

$$F_{\text{б}} = f(P_{\text{ам}} - mg \sin \gamma - P_{\text{ам}} \cos \gamma). \quad (2.18)$$

Всі названі сили показані на схемі приведеній нарис. 2.5 а і б; на цій же схемі показана і присмоктуюча сила  $V$ . Внаслідок дії сил  $P_{\text{л}}$ ,  $P_{\text{лн}}$ ,  $P_{\text{л*ц}}$ ,  $F_e$  і  $P_{\text{пр}}$  насінина в комірці опиниться притиснутою до неї в якій-небудь точці, яку позначимо через  $M$ , проекції цієї точки показані на рис.2.5  $M_x y$  і  $M_p$ . На рис.2.5 крайня ліва точка  $A_1$  позначена проекціями  $A_{1x}$   $A_{1y}$   $Z_1$  крайня права точка  $A$  позначена проекціями  $A_x y$  і  $A_y$  і верхня точка  $A_2$  позначена проекціями  $A_{2x}$  і  $A_{2y}$ , Точка  $M$  не повинна бути в зонах біля точок  $A_{1x}$  і  $A_{1y}$  (рис.2.1т) а і б), інакше насінина буде виштовхнута з комірочки. Найбільш бажано, щоб точка  $M$  притискання насінини до комірочки була в верхній частині півкола  $A_{1y} z A_{2y} z A_y z$  (рис.2.5а) і ближче до точки  $A_z$  або в верхній частині півкола  $A_{1x} y A_{2x} y A_x y$  ближче до точки  $A_y$ . (рис.2.5б), тоді насінина буде надійно утримуватись в комірці під час її транспортування. Але точка  $A_1$  (проекції  $A_{1x}$  і  $A_{1y}$ ) не може співпадати з точкою  $M$ , оскільки під дією сили

Рл, Гб, складової сили тяжіння  $mg$  і відцентрової сили інерції  $R\omega^2$  точка М зміститься в сторону точки Аі.

Застосовуючи принцип Даламбера, і розглядаючи насінину як тверде тіло при  $iU\tau > 0$ , можна скласти шість рівнянь рівноваги насінини в вигляді сум проєкцій сил на осі координат і моментів сил відносно осей координат. Але оскільки на насінину не діють сили, що утворюють моменти відносно осей  $x$  і  $y$ , то складати рівняння моментів відносно осей  $x$  і  $y$  немає сенсу. В цьому випадку складемо рівняння рівноваги насінини в вигляді сум проєкцій сил на осі  $x$ ,  $y$  і  $z$ , а також моментів сили відносно осі  $g$ .

$$\sum x = -P_x \cos(90^\circ - \alpha_0 - \varphi) - F_6 - F \cos \delta_0 + N \sin \delta_0 = 0; \quad (2)$$

Аналіз отриманої залежності рис.2.5, показує, що із зменшенням кута  $80^\circ$  сила  $P_x$  збільшується. Окрім цього, необхідне значення сили  $P_x$  збільшується з зростанням кутової швидкості  $\omega$  обертання висівного елемента і сили тяжіння  $mg$  насіння. При цьому із збільшенням тиску зернового шару бункера насінина притискається до комірки з більшою силою і для її утримання в комірці необхідна менша присмоктуюча сила.

На основі викладеного можна зробити висновок, що величина сили присмоктування насінини до комірки висівного елемента залежить як від фізико-механічних властивостей насіння зернових колосових культур, так і від технологічних параметрів висівного апарата.

При цьому сила присмоктування, із збільшенням маси  $m$  насіння, кутової швидкості  $\omega$  обертання висівного елемента, його радіуса  $r_0$  і висоти  $h$  зернового шару насіння в бункері також збільшується. Тому при визначенні теоретичного значення сили присмоктування необхідно підставляти їх максимальні значення.

Розрахунки показують, що максимальне значення сили присмоктування

становить 0,06117 яке досягається при  $U = 0,008\text{м}$ ,  $a = 0,0032\text{м}$ ,  $t = 0,33$ ,  $\rho = 810\text{кг/м}^3$ ,  
 $\tau = 0,00042\text{кг}$ ,  $\nu = 0,42$ ,  $d_0 = 0,002\text{м}$ ,  $g = 9,81\text{м/с}^2$ .

Аналіз отриманих результатів показує, що при зміні висоти  $h$  зернового шару в бункері в межах і обертах висівного елемента  $\omega = 3$  рад/с насінина надійно утримується в комірці і транспортується до зони розвантаження без присмоктуючої сили, оскільки притискується до комірки бічним тиском, який передається від зернового шару. При збільшенні кутової швидкості обертання висівного елемента до і зменшенні висоти зернового шару в бункері до  $A = 0,1\text{м}$ , відцентрова сила зростає, а тиск зі сторони зернового шару зменшується і насінина може відірватись від комірки. Тому для її надійного утримання в комірці необхідно прикласти присмоктуючу силу. Із збільшенням кутової швидкості до  $\omega = 5-6$  рад/с різко зростає відцентрова сила і для надійного утримання насінини в комірці силу присмоктування необхідно збільшити майже в 3...5 разів. Таким чином, для надійної роботи висівного апарата необхідно створювати в комірці присмоктуючу силу в межах 0,06Н.

## 2.5. Обґрунтування технологічно-конструктивної схеми пневматичного

висівного апарата

Принципову схему розробленого висівного апарата приведено на рис. 2.10.

Він складається з бункера і для насіння в нижній частині якого на вертикальній осі встановлено порожнинний конічний висівний елемент 2. На зовнішній конічній поверхні висівного елемента на концентричних колах виконано напівсферичні комірочки 3 з наскрізними каналами 4. Висівний елемент кріпиться в корпусі 5 за допомогою цапфи 6 з наскрізним осьовим каналом на двох радіальних підшипниках 7. На нижньому кінці цапфи 6 закріплено конічну шестерню і редуктора 9 приводу висівного елемента 2. Через осьовий канал цапфи 6 проходить вісь патрубків 10, нижній кінець якого закріплений в корпусі

редуктора 9 і з'єднаний з джерелом вакууму (не показано), а верхній - в підшипнику 11

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

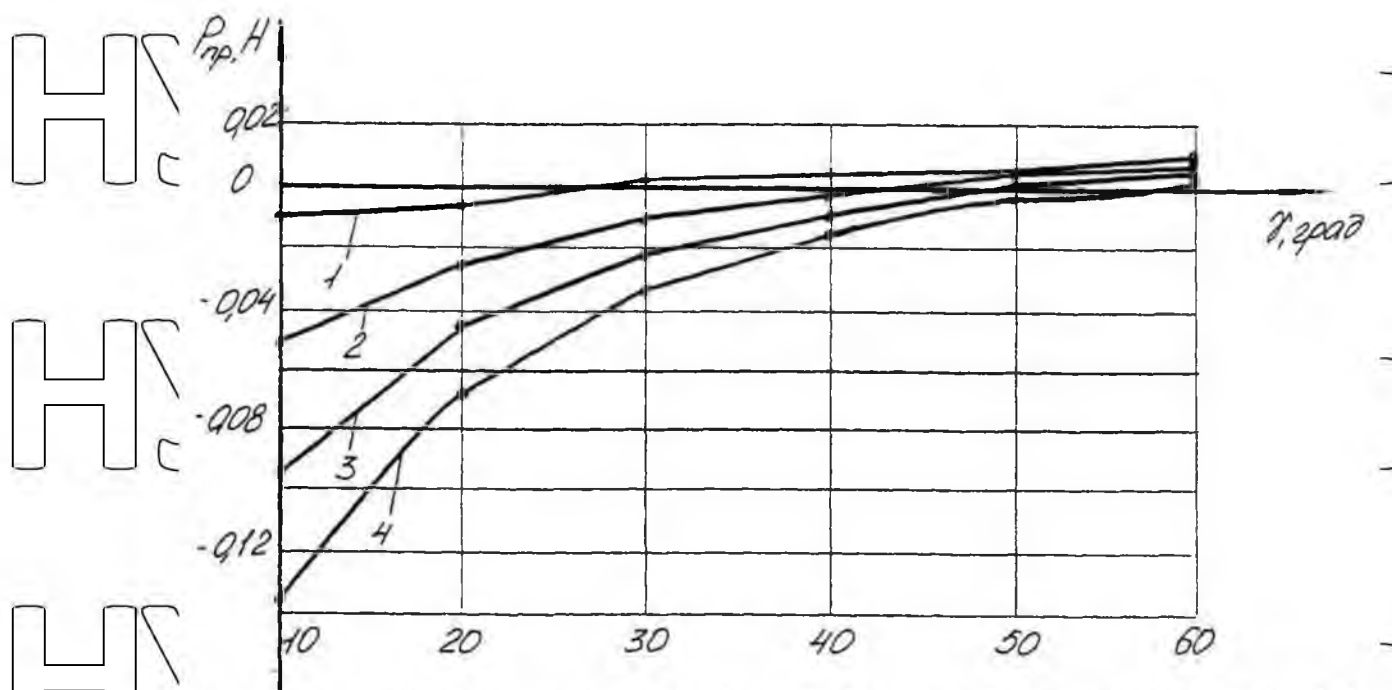


Рис. 2.6. Графічна залежність сили присмоктування  $P_{пр}$  від кута у нахилу твірної конічного висівного елемента при змінній висоті  $A$  зернового шару в бункері і кутовій швидкості  $\omega = 3$  рад/с обертання висівного елемента де 1- $A_1=0,1$ м, 2- $A_2=0,2$ м, 3- $A_3=0,3$ м, 4- $A_4=0,4$ м

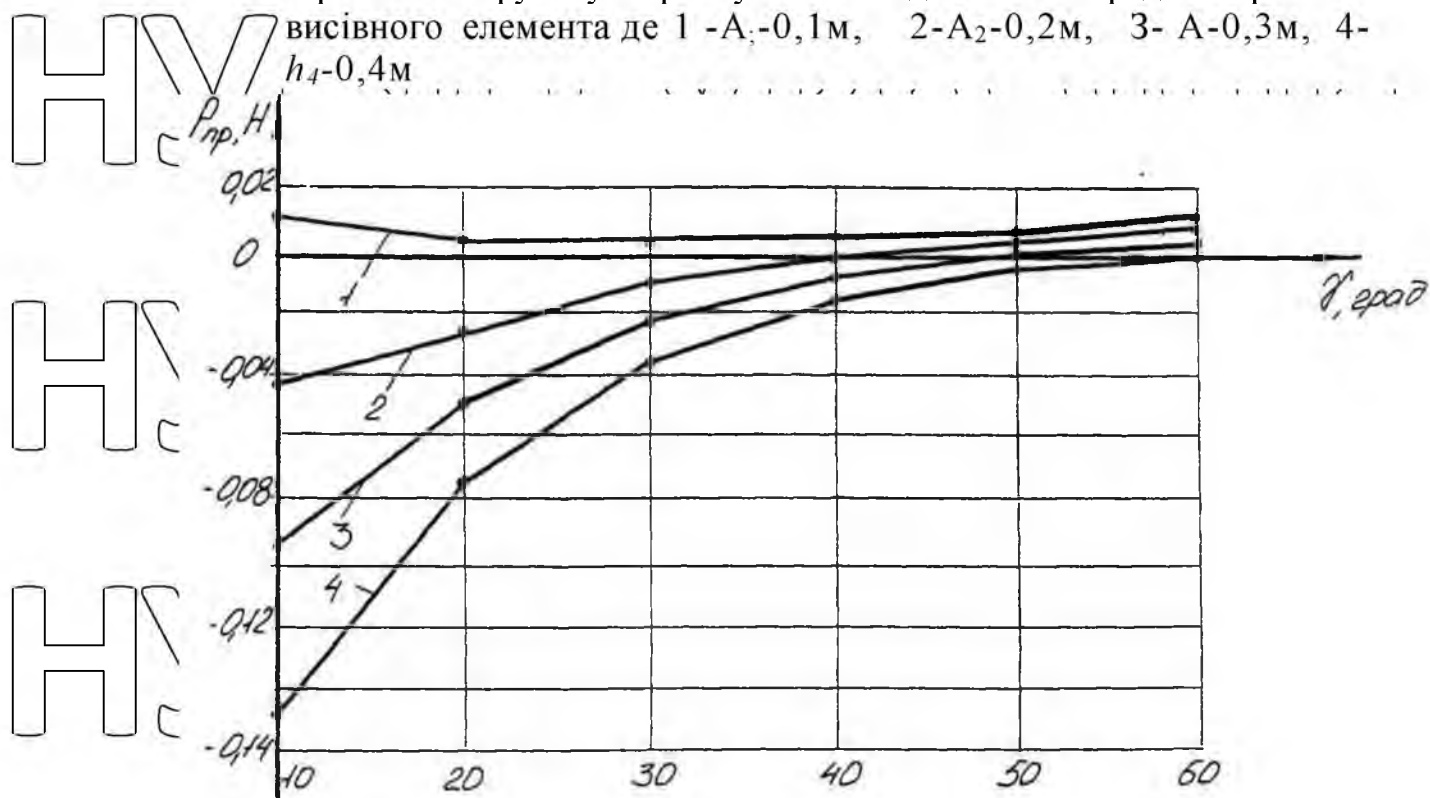


Рис. 2.7. Графічна залежність сили присмоктування  $P_{пр}$  від кута у нахилу твірної конічного висівного елемента при змінній висоті  $A$  зернового шару в бункері і кутовій швидкості  $\omega = 4$  рад/с обертання висівного елемента

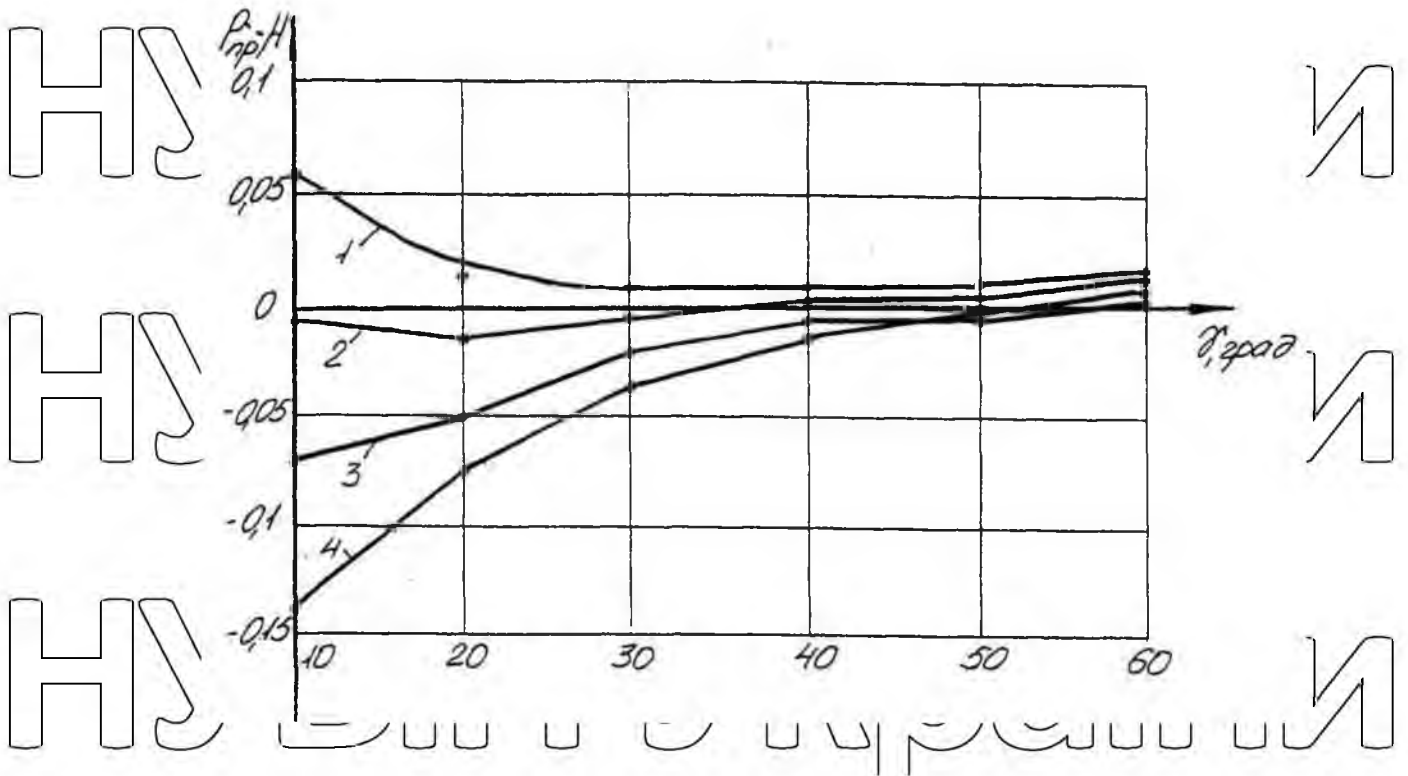


Рис. 2.8. Графічна залежність сили присмоктування  $P_{np}$  від кута у нахилу твірної конічного висівного елемента при змінній висоті  $h$  зернового шару в бункері і кутовій швидкості  $\omega = 5$  рад/с обертання висівного елемента де 1-  $h_1=0,1$ м, 2-  $h_2=0,2$ м, 3-  $h_3=0,3$ м, 4-  $h_4=0,4$ м

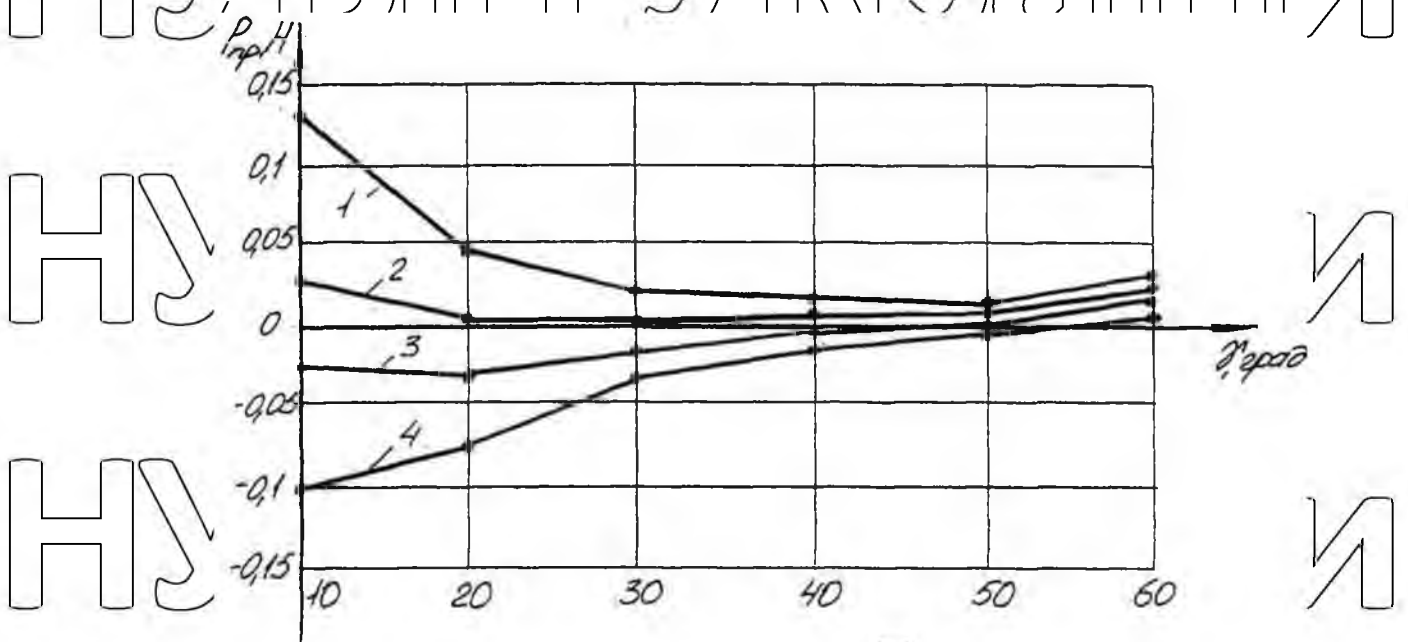


Рис. 2.9. Графічна залежність сили присмоктування  $P_{np}$  від кута у нахилу твірної конічного висівного елемента при змінній висоті  $h$  зернового шару в бункері і кутовій швидкості  $\omega = 6$  рад/с обертання висівного елемента де 1-  $h_1=0,1$ м, 2-  $h_2=0,2$ м, 3-  $h_3=0,3$ м, 4-  $h_4=0,4$ м

На верхньому кінці патрубка 10 за допомогою кронштейна 12 закріплено відсікач вакууму виконаний, наприклад, у вигляді променерозхідних пластин 13, які притискуються пружиною до внутрішньої конусної поверхні висівного апарата 2, фіг. 1. Зона Б заповнення насіння, фіг. 2, знаходиться між двома сусідніми пластинами, а зона В висіву - під кожною пластиною, фіг. 1. При цьому під пластинами в радіальному напрямку розміщено ряд насінневловлювачів 14 з насіннепроводами 15. З метою запобігання інтенсивному стиранню поверхні висівного елемента 2, він зверху прикритий кожухом 16.

Висівний елемент працює таким чином. Насіння самопливом поступає з бункера 1, фіг. 1, під конусну частину висівного елемента 2, де під час його обертання захоплюється комірками 3 і під дією вакууму, що створений всередині висівного елемента, присмоктується до комірки і виноситься в зону висіву В.

В момент проходження комірок 3, фіг. 1, з насінням через зону висіву В, пластини перекривають присмоктуючі канали 4, внаслідок чого вакуум з комірки 3 зникає і насіння під дією сили тяжіння відривається від них і випадає в насінневловлювачі 14, звідки по насіннепроводу 15 транспортується до сошників. Після виходу комірок з зони дії висіваючих пластин 13 під дією вакууму до комірок знову присмоктується насіння. Вакуум всередині висівного елемента створюється шляхом відсмоктування повітря через патрубок 10 за допомогою ежектора або вентилятора.

Застосування пневматичного висівного апарата з новою конструкцією висівного елемента забезпечує якісний однозернинний відбір насіння і стовідсоткове розвантаження комірок, що підвищує надійність роботи висівного апарата і якість однозернинного точного висіву, за рахунок чого здійснюється рівномірне розміщення насіння по площі поля і тим самим створюються оптимальні умови для проростання насіння та життєдіяльності рослин і, відповідно, підвищення врожайності.

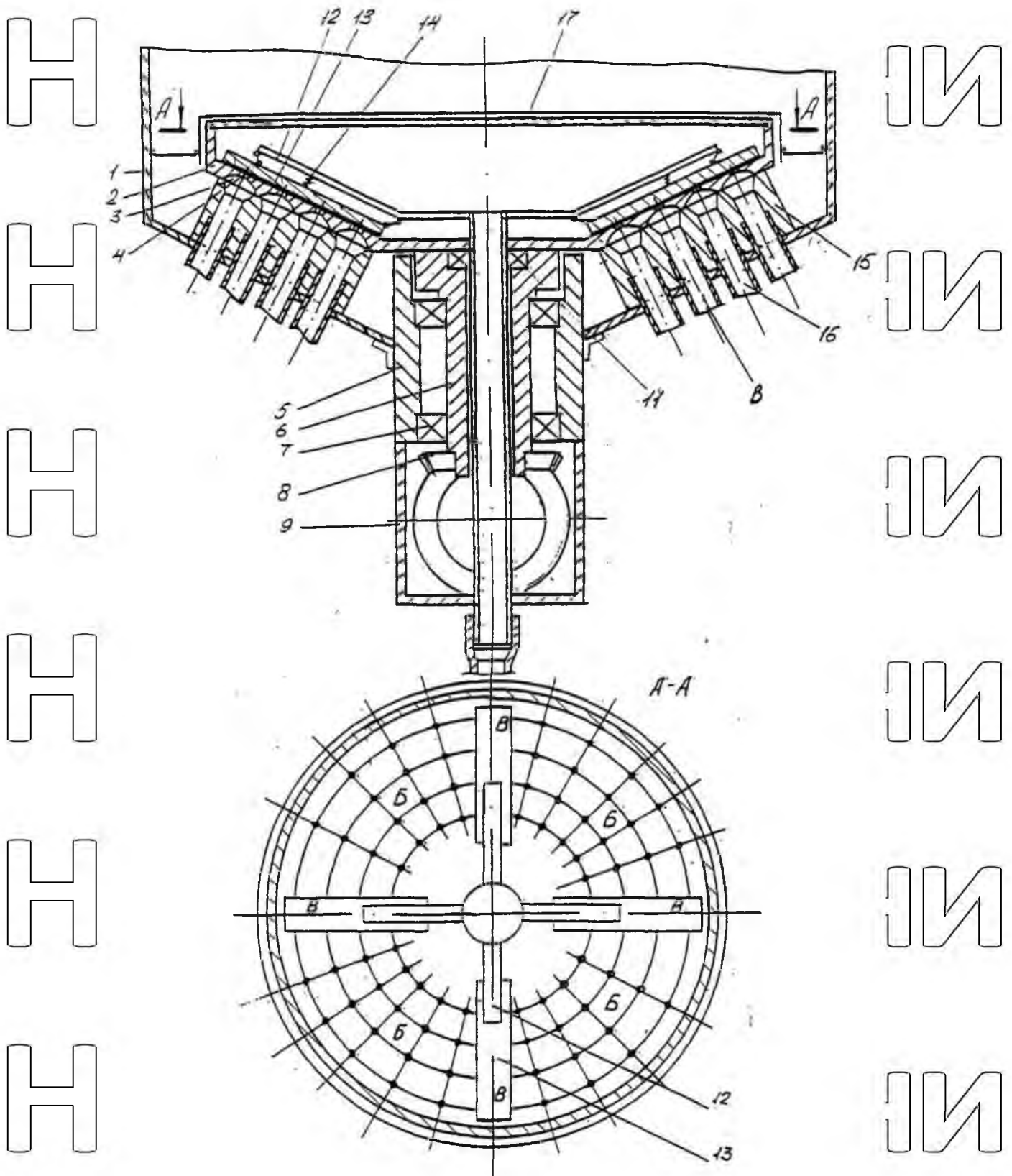


Рис. 2.10. Принципова схема пневматичного висівного апарату

Н У Д І І У К Р А І Н И

## 3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1. Програма досліджень

Програма експериментальних досліджень передбачає три етапи:

1. Розробити лабораторну установку та експериментальний зразок сівалки точного висіву з конічним висівним апаратом.

2. Експериментально перевірити теоретичні передумови, які прийняті при обґрунтуванні параметрів висівного апарата.

2.1. Визначити напрямок переміщення насіння під час обертання висівного елемента.

2.2. Визначити вплив форми комірки на якість їх заповнення насінням.

2.3. Визначити вплив кута нахилу твірної конічного висівного елемента на процес рівномірного висіву насіння вздовж рядка.

2.4. Встановити вплив кутової швидкості обертання висівного елемента на процес рівномірного висіву насіння вздовж рядка.

2.5. Вивчити вплив глибини розрідження у висівному апараті на процес рівномірного висіву насіння вздовж рядка.

2.6. Обґрунтувати вплив висоти зернового шару в бункері на процес рівномірного висіву насіння вздовж рядка.

2.7. Визначити мінімально-допустиму довжину дуги сектора заповнення комірок висівного елемента насінням.

2.8. Розробити методику оцінки рівномірності розподілу насіння по площі поля.

3. Провести польові дослідження роботи пневматичного висівного апарата сівалки точного висіву в порівнянні з рядковою сівалкою СЗ-3,6 і визначити якість рівномірності розподілу насіння по площі поля та вплив глибини заробки насіння на польову схожість рослин.

### 3.2. Методика проведення лабораторних дослідів

Лабораторні та польові дослідження виконувались у 2006 році на базі Подільського державного аграрно-технічного університету.

Для проведення дослідів використовували три культури: озиму пшеницю "Миронівська 61", жито "Добриня", ячмінь "Роланд".

Вологість визначалась у відповідності з стандартною методикою [1]. Оптимізацію конструктивно-технологічних параметрів висівного апарата, зокрема форму комірок, кут нахилу твірної висівного елемента, кутову швидкість його обертання, розрідження всередині висівного апарата, довжину дуги сектора заповнення комірок насінням, а також дослідження по визначенню напрямку переміщення насіння під час обертання висівного елемента та вплив висоти зернового шару на процес висіву проводили по розроблених і приведених нижче методиках.

За критерій оцінки якості роботи висівного апарата прийнято коефіцієнт варіації  $v$  та показник середньої рівномірності  $t$  розміщення насіння по площі поля. Методику визначення рівномірності розподілу насіння в польових умовах приведено нижче.

Досліди проводились в трьохкратній повторності. Результати дослідів оброблялись за методами математичної статистики [7, 9, 11].

#### 3.2.1. Визначення напрямку переміщення насіння в бункері при обертанні висівного елемента

При розробці пневматичного апарата з конічним висівним елементом виникає необхідність визначити напрямок переміщення насіння при обертанні висівного елемента в суцільному зерновому шарі.

Визначити напрямок руху насіння можна за допомогою розробленої фізичної моделі на лабораторній установці (рис. 3.1). Вона включає штатив 1 консоль 2, на якій закріплено електродвигун 3 з редуктором 4.

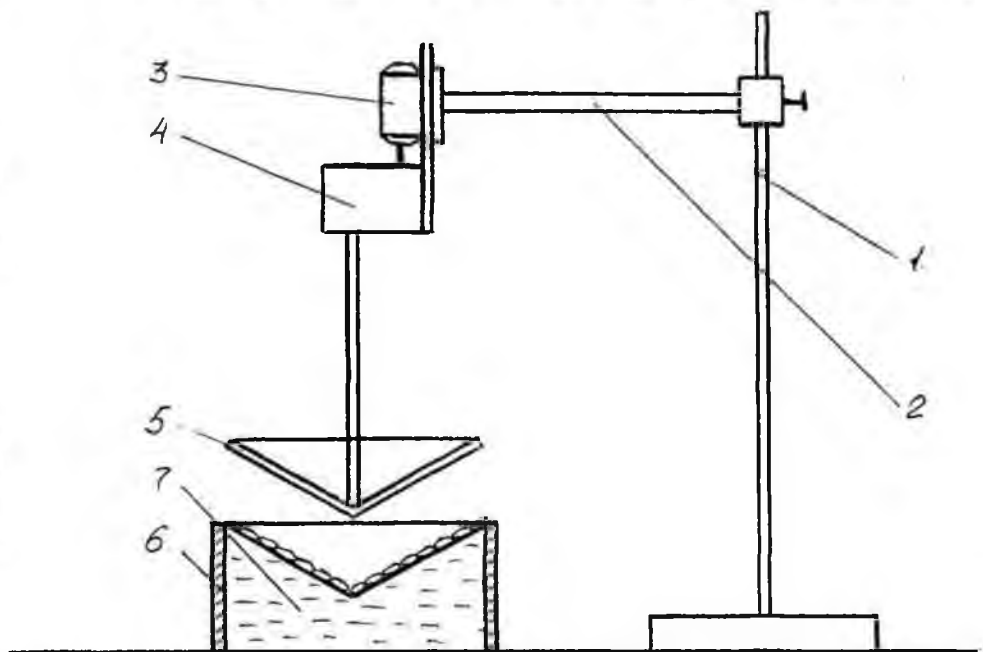


Рис. 3.1. Схема лабораторної установки для визначення напрямку переміщення насіння при обертанні висівного елемента

на валу якого закріплено конус 5 виготовлений з оргскла. Під диском встановлено циліндр 6 заповнений глиною 7. Конусом 5 в глині 7 формується його профіль і на конусу поверхню глини насипається один шар насіння 8. Сам конус покритий тонким шаром глини.

Двигун 3 через редуктор 4 приводить в рух конус 5. За допомогою гвинта-фіксатора 9 конус 5 опускають в циліндр 6 до моменту контакту з насінням 8.

При обертанні конуса 5 під дією сил тертя насіння 8 переміщається по конусній поверхні глини, залишаючи після себе на глині і конусі слід.

Напрямок переміщення насіння визначали при чотирьох швидкостях обертання конуса (3, 4, 5, 6 рад/с).

Досліди проводили з насінням пшениці, жита і ячменю.

### 3.2.2. Опис експериментальної установки

Для перевірки прийнятої гіпотези та проведення оптимізації конструктивно-технологічних параметрів висівного апарата розроблено

експериментальну установку, яка дозволяє визначити найбільш раціональну форму комірки, кут нахилу твірної висівного елемента до горизонту, мінімально-допустиму довжину дуги  $L$  сектора зони заповнення комірок, мінімально-допустиму висоту  $h_1$  шару насіння в бункері та висоту  $h_2$  забірної камери, рівномірність  $g_j$  висіву насіння по площі біжучого поля в залежності від глибини розрідження  $N$  всередині висівного елемента та частоти його обертання  $t$ , а також висоту  $h_3$  піднімання насіннепровода над дном борідки під час висіву насіння.

Схема установки і її загальний вигляд представлені на рис.3.2 і рис. 3.3.

Вона складається з насінневого бункера 1, конічного висівного елемента 2, на поверхні якого розміщено напівсферичні комірки 3 з присмоктувальними каналами 4. Нижня основа висівного елемента з'єднана з цапфою 5 через осьовий канал якої проходить вакуумна труба 6 на якій шарнірно закріплено коромисло 7 з ролик-відсікачем 8 вакууму. З метою надійного перекриття присмоктувального каналу 4 ролик  $t$  притискується до поверхні висівного елемента за допомогою пружини 9. Зверху висівний елемент закритий кожухом-спрямовувачем насіння 10. Під висівним елементом встановлено насіннепровід И. Цапфа 5 проходить через стакан-під'ятник 12 і може в ньому вільно обертатись, спираючись своїм виступом 13 на торцьову поверхню підп'ятника, що запобігає зміщенню висівного елемента вниз. На нижньому кінці цапфи посаджено шків 14, який через пас 15 і шків 16 приводиться в рух від електродвигуна 17. Нижній кінець вакуумної труби 6 з'єднується шлангом 18 з вентилятором 19. Величина вакууму всередині висівного елемента регулюється заслінкою 20 і контролюється за показами водяного манометра 21.

Під насіннепроводом 11 встановлено рухоме полотно з липкою стрічкою 22, яка приводиться в дію від електродвигуна 23. Між насіннепроводом і стрічкою встановлено поворотний насінневідвідний лоток 24. Зверху висівний апарат закривається кришкою 25. Кут повороту сектора заповнення насінням комірок регулюється пересувним сектором 26. Установка працює наступним чином. Під дією вакууму, який створюється всередині

висівного елемента 2 вентилятором 19, насіння з бункера 1 присмоктується до комірок 3 і внаслідок обертання висівного елемента 2 виноситися в зону розвантаження. В цей момент ролик 8 перекриває канал 4 і вакуум в комірці зникає, внаслідок чого насінина під дією ваги і відцентрової сили відривається від комірки 3 і випадає в насіннепровід 11, по якому висівається на липку стрічку 22 або в насінневідвідний лоток 24.

### **3.2.3. Методика визначення конструктивно-технологічних параметрів висівного апарата**

При визначенні конструктивно-технологічних параметрів висівного апарата було проведено досліди на лабораторній установці, схема якої представлена на рис.3.2, рис 3.3. Оптимальні значення параметрів визначались по одному критерію - коефіцієнту нерівномірності висіву

насіння на липку стрічку.

При цьому оптимальне значення кута / нахилу твірної конічного висівного елемента до горизонту встановлювали шляхом висіву насіння висівним елементом (рис.3.4), твірна якого змінювалась від  $5^{\circ}$  до  $45^{\circ}$  з кроком 50.

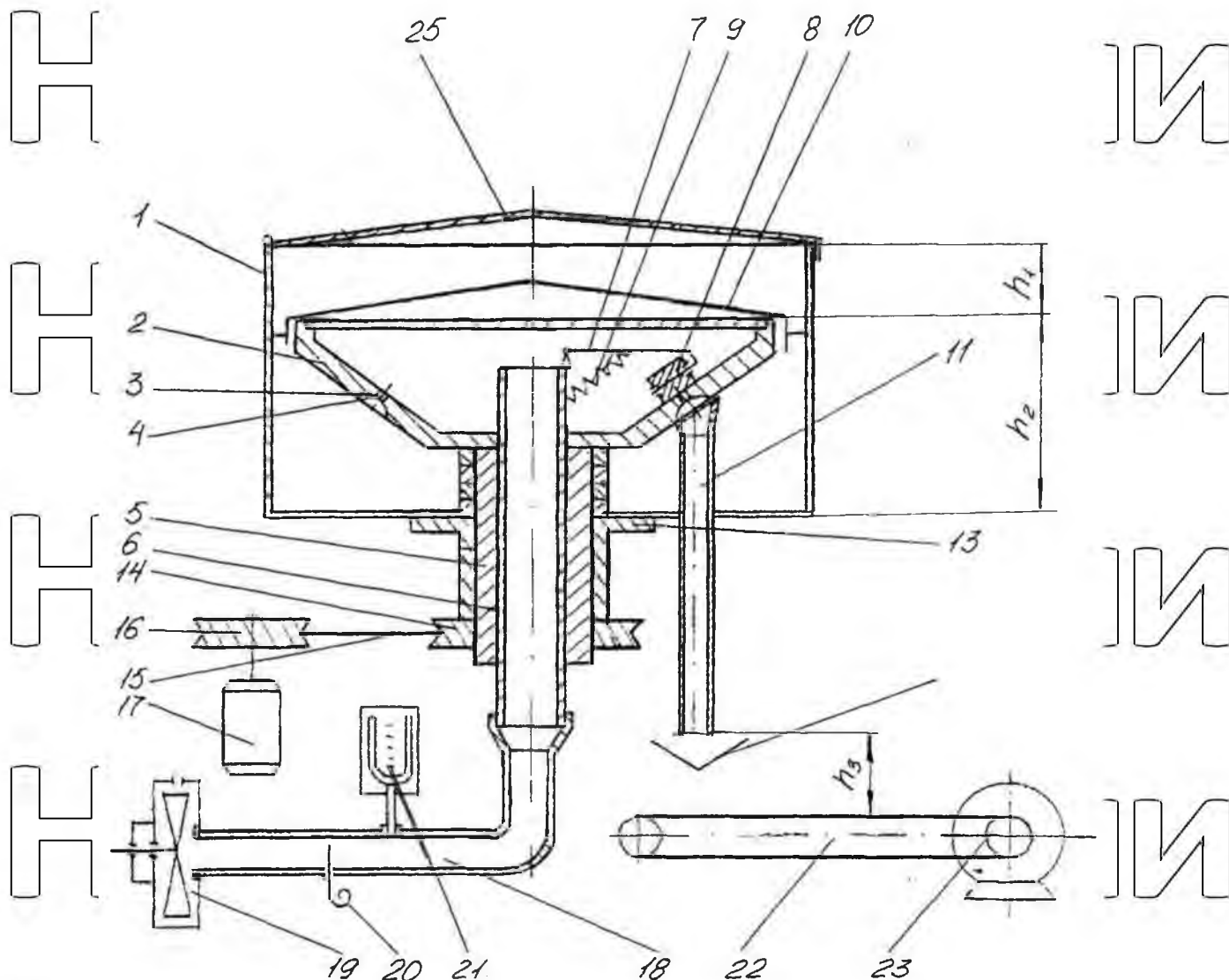


Рис. 3.2. Схема лабораторної установки для визначення конструктивно-технологічних параметрів висівного апарата

Рациональну форму комірки визначали за допомогою одного висівного елемента на поверхні якого виконано комірки різної форми і розмірів (рис.3.4). Під час дослідів всі комірки, крім тієї, що досліджувалась, закривали (защиповали глиною і просушували). При дослідженні інших форм комірки, глину з неї виймали, а попередню заліплювали.

НУБІП України



Рис. 3.3. Лабораторна установка для визначення конструктивно-технологічних параметрів висівного апарата



Рис. 3.4. Загальний вигляд висівного елемента з різними формами комірок

Мінімально-допустиму висоту підйому висівного елемента над дном бункера визначали шляхом поступового опускання висівного елемента з кроком 1 см починаючи з висоти 4 см. Для цього між виступами цапфи 8 і опорною бункера порчергово знімали регулювальні шайби. Мінімально-допустиму висоту  $h_1$  опускання зернового шару насіння в бункері відносно крайнього верхнього ряду комірок визначали шляхом пробного висіву. Для цього в бункер порчергово досипали насіння кожні раз збільшуючи висоту зернового шару на 1 см. Перший дослід проводили при заповненні бункера насінням до крайнього верхнього ряду комірок і вважали, що висота  $h_1$  - дсм. Висоту  $h_2$  встановлення насіннепровода над дном борізки визначали шляхом піднімання насіннепровода над біжучим потоком під час висіву насіння.

Довжину дуги  $L$  сектора заповнення комірок насінням визначали шляхом переміщення стінок пересувного сектора з інтервалом  $5^\circ$  проти напрямку обертання висівного елемента.

НУБІП України

Глибину розрідження  $H$  всередині висівного елемента встановлювали шляхом зміни січення вакуумпровода за допомогою заслінки 20 по показах манометра 21.

Максимально-допустиму частоту  $t$  обертання висівного елемента встановлювали шляхом поступового збільшення, починаючи з 3 рад/с. При цьому швидкість обертання висівного елемента вимірювали за допомогою тахометра.

Визначення ступені подрібнення насіння під час висіву насіння проводили шляхом пробного висіву насіння в лоток. У співвідношенні кількості подрібнених насінин до кількості висіяних визначали ступінь подрібнення насіння.

З метою забезпечення достовірності експериментальних даних досліди по визначенню кожного параметра проводились в трикратній повторності. Насіння, поки висівний елемент не стабілізував свою роботу, відводилось по насінневідвідному лотку 14 в сторону. Після стабілізації режиму роботи висівного елемента висів насіння здійснювався на липку стрічку.

Рівномірність висіву насіння визначали по відстані між насінням на липкій стрічці.

Отримані результати дослідів є вихідними даними для оптимізації конструктивно-технологічних параметрів.

### 3.3. Оцінка рівномірності розподілу насіння по площі

#### поля

За критерій оцінки рівномірності розподілу насіння по площі поля прийнято коефіцієнт, який характеризує відношення сумарної кількості рослин розміщених на досліджувальній ділянці поля до сумарної кількості рослин при ідеальному шахматному розміщенні насіння по площі поля, яке забезпечує для кожної рослини однакову і постійну площу живлення.

Ідеальна площа живлення однієї рослини  $S$  при шахматному висіві знаходиться за формулою:

$$S = \frac{\pi b^3}{3},$$

де  $b$  - ширина міжрядь;

$$b = \frac{l\sqrt{3}}{2},$$

тут  $l$  - інтервал між насінинами.

З рис. 3.5, рис. 3.6 видно, що при ідеальному розміщенні насіння по площі поля воно розміститься в вершинах рівностороннього трикутника. Якщо припустити, що напрямок лінії  $AB$  співпадає з напрямком розміщення рослин вздовж рядка, а напрямок лінії  $AC$  є перпендикуляром до рядків, то середня відстань між рослинами розміщеними по діагоналі буде основним критерієм оцінки рівномірності розподілу насіння по площі поля.

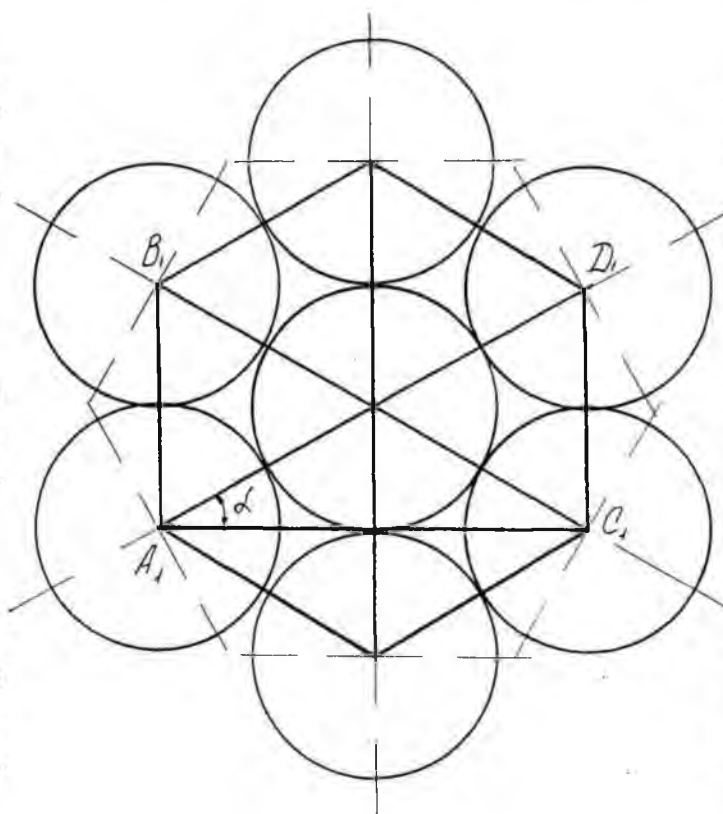


Рис. 3.5. Схема розміщення насіння по площі поля при точному висіві насіння зернових колосових культур.

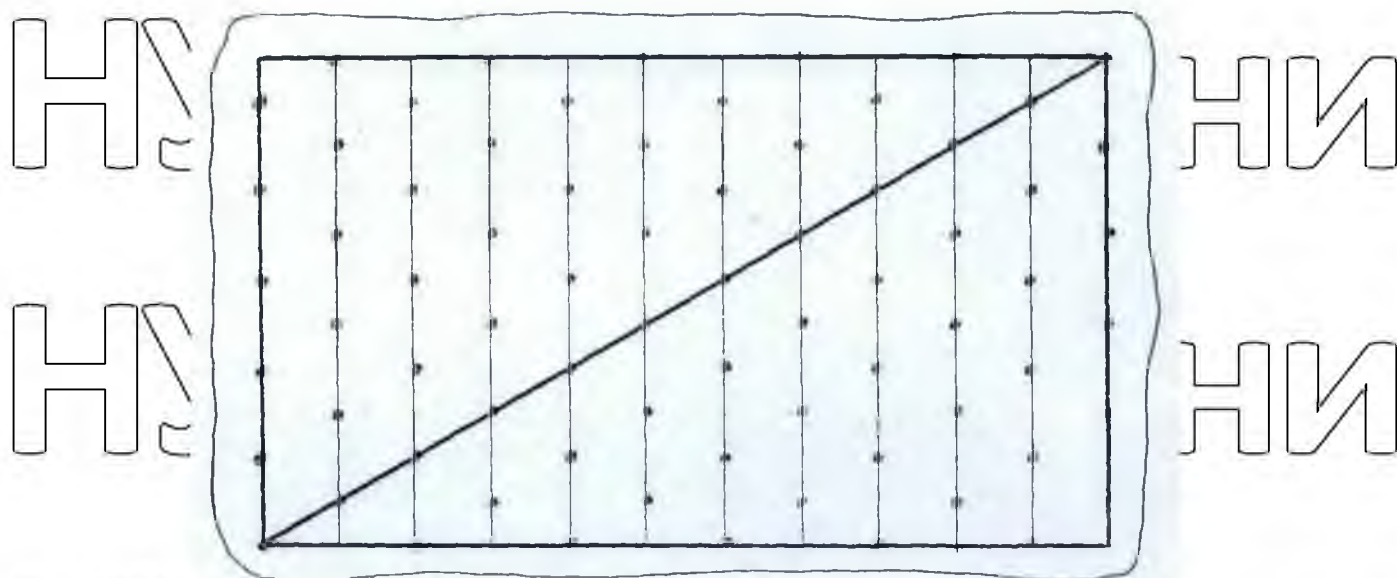


Рис. 3.6. Схема для визначення рівномірності розподілу насіння по площі поля за допомогою рамки з прозорою плівкою



Рис. 3.7. Загальний вигляд розміщення рослин на полі

НУБІП України

Згідно розрахунків, діагональ АД нахилена під кутом  $36^\circ$  до лінії АС

Для визначення рівномірності розподілу насіння по площі поля виготовили дерев'яну рамку розміром  $0,3 \times 0,5$  м і в ній закріпили прозору плівку, на якій під кутом  $36^\circ$  до нижньої основи нанесено червону лінію. При ідеальному шахматному розміщенні насіння по площі поля рослини повинні розміщуватись вздовж лінії АД.

Для визначення реальної картини розміщення насіння на полі після їх висіву, рамку накладали таким чином, щоб менша її сторона співпадала з напрямком рядків, а більша - була направлена в сторону міжрядь. По червоній лінії напроти кожної рослини в польових умовах робили проколи голкою, а потім в лабораторних умовах отвори між собою сполучали прямими лініями і вимірювали довжину ломаної лінії з точністю до 1 мм, де  $I_1$  - довжина лінії при ідеальному розміщенні рослин (насіння),  $I_2$  - довжина лінії при фактичному розміщенні рослин (насіння).

Рівномірність розміщення насіння по площі поля визначали за формулою:

$$\eta = \frac{I_1}{I_2} 100\%, \quad (3.1)$$

Обробку результатів проводили за відомими формулами математичної статистики [36, 39, 47, 61, 62, 69, 92].

#### **3.4. Методика визначення впливу глибини заробки насіння на польову схожість рослин**

Вплив глибини заробки насіння визначали шляхом пробного висіву насіння зернових колосових культур на різну глибину, яка змінювалась в межах від 1 см до 5 см з інтервалом в 0,5 см. Висівали по 100 насінин на квадратних ділянках зі сторонами  $50 \times 50$  см при ширині міжрядь 5 см і відстані між насінням в рядку 5 см в шахматному порядку. Таких ділянок було 10 штук. Після появи сходів підраховували кількість рослин, які зійшли нормальними і кількість

рослин, які зійшли ослабленими і в процентному співвідношенні до висіяних визначали польову схожість рослин.

3.5. Методика проведення лабораторно-польових дослідів і визначення якості рівномірності розподілу насіння по площі поля

Головною метою проведення лабораторно-польових дослідів було перевірка працездатності, ефективності і надійності роботи пневматичної сівалки точного висіву та виявлення приросту врожаю від застосування точного висіву способом в порівнянні з звичайним рядковим. Для цього була виготовлена пневматична сівалка точного висіву з конічним висівним апаратом, з вертикальною віссю обертання, яка пройшла лабораторні випробування.

Для визначення якості рівномірності розподілу насіння по площі поля проводили порівняльні висіви експериментальною і звичайною зерною сівалкою СЗ-3,6 з застосуванням норми висіву насіння - 3,1млн.шт./га. Оцінка рівномірності розподілу насіння по площі поля проводилась у відповідності з методикою, яка приведена в п. 3.3.

Швидкість руху зернової сівалки СЗ-3,6 становила 7км/год, швидкість руху сівалки точного висіву становила 4-5км/год.

Глибина заробки насіння в обох варіантах становила 3см.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 4.1. Результати досліджень по визначенню напрямку переміщення насіння зернових колосових культур при обертанні висівного елемента

Досліди проводились з метою одержання вихідних даних для розрахунку параметрів висівного елемента згідно з методикою описаною у пункті 3.2.1. на лабораторній установці (рис.3.1).

Досліджувальним матеріалом було насіння озимої пшениці "Миронівська 61", жита "Добриня", ячменю "Роланд".

Вологість насіння знаходилась в межах стандартної для пшениці, жита і ячменю становила відповідно 14,3%, 13,7%, 14,8%, а маса 1000 насінин становила: пшениці - 45г, жита - 26г, ячменю - 41г.

В результаті досліджень встановлено, що на траєкторію переміщення насіння пшениці, жита та ячменю впливають форма і розміри насіння. Так, насіння пшениці завдяки еліпсоподібній формі і гладкій поверхні, під дією сил тертя, які виникають між насінинами перекочується по поверхні матриці конуса по колу. Насіння жита, маючи більш видовжену форму схожу до стержня, при перекочуванні на поверхні матриці залишає слід у вигляді параболи. При проведенні дослідів з насінням ячменю спостерігається його хаотичний рух. Це пояснюється тим, що насіння ячменю має більш рельєфну поверхню і велику шорсткість, що призводить до зміни положення насінини, тобто кута нахилу його осей і відповідно постійної зміни напрямку дії сил тертя тертя між насінням і поверхнею матриці і тим самим зміни напрямку руху.

Отже, на основі проведених експериментальних досліджень можна зробити висновок, що при проектуванні висівного апарата для його надійної роботи необхідно враховувати траєкторію переміщення насіння в зерновому шарі і комірки розміщувати на поверхні висівного елемента поздовжньою віссю в напрямку його обертання.

## 4.2. Результати досліджень по визначенню впливу форми комірки на рівномірність висіву насіння вздовж рядка

Досліди були проведені на лабораторній установці рис.3.2 у відповідності з методикою п.3.2.3 з метою визначення вихідних даних для проектування висівного апарата.

Досліджуючи вплив форми комірок на рівномірність висіву насіння, розглядали два види сферичних комірок, які проектуються на поверхні висівного елемента у вигляді еліпса і круга. При цьому еліпсоподібну комірку розміщали поздовжньою і поперечною віссю паралельно до напрямку руху висівного елемента.

За результатами досліджень на рис. 4.1, 4.2, 4.3 побудовано графічну залежність рівномірності висіву насіння пшениці, жита і ячменю від кутової швидкості обертання висівного елемента для еліпсоподібної і круглої комірки.

Аналіз отриманих графіків показує, що еліпсовидна комірка з розміщенням її поздовжньої осі з напрямком обертання висівного елемента рис.4.1 забезпечує найвищу рівномірність висіву насіння. При цьому 100% заповнення комірок забезпечується на всіх режимах роботи висівного елемента і тільки після збільшення частоти його обертання більше 5 рад/с збільшується кількість незаповнених комірок.

Розміщення еліпсовидної комірки поперек напрямку обертання висівного елемента, рис.4.2, призводить до найгірших умов для входження насіння в комірку і як наслідок рівномірність висіву не перевищує 20%.

Використання на висівному елементі комірок круглої форми, рис. 4.3, створює найкращі умови для входження насіння. Але у комірку входять дві і більше насінини, які ненадійно до неї присмоктуються і кількість пропусків збільшується. Як наслідок рівномірність висіву не перевищує 70%, що досягається при кутовій швидкості обертання висівного елемента 3 рад/с.

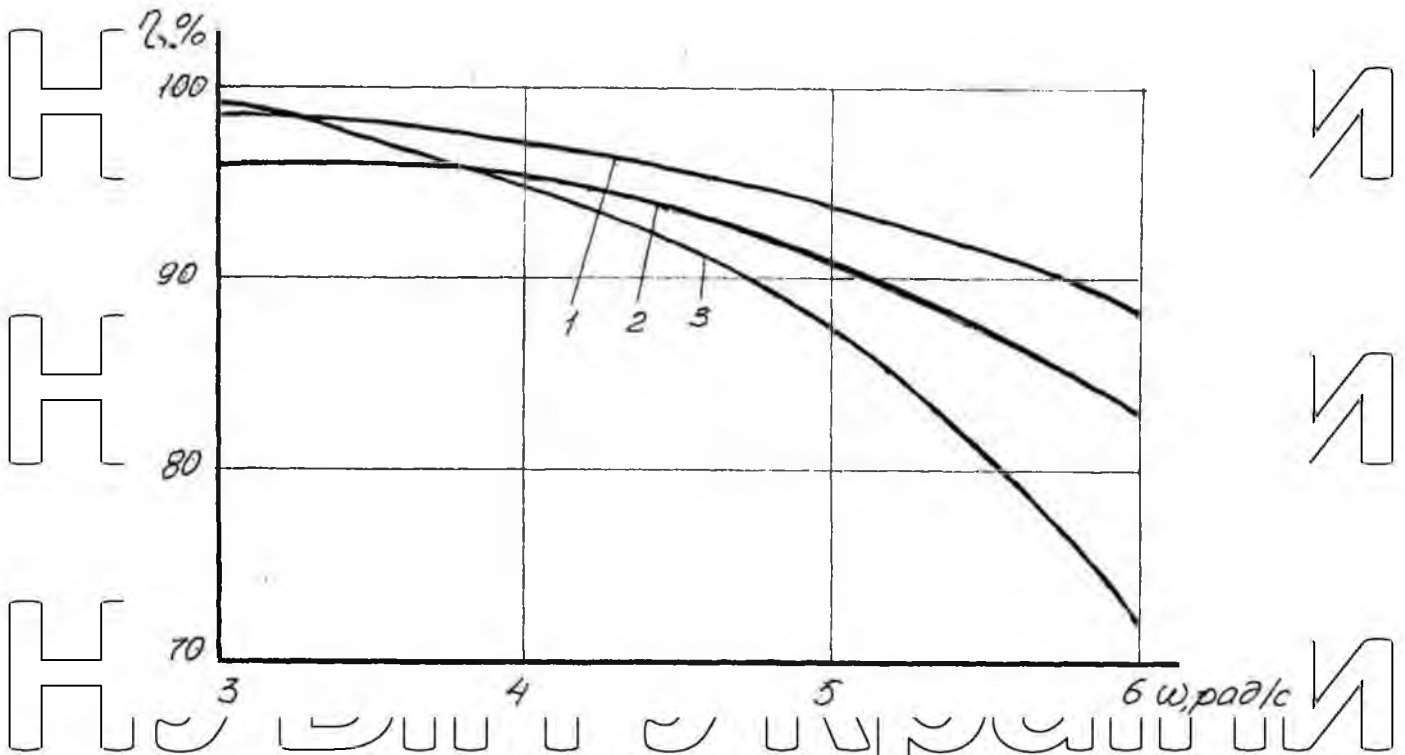


Рис. 4.1. Графічна залежність рівномірності висіву насіння пшениці від кутової швидкості  $\omega$  обертання висівного елемента для еліпсоїдної комірки з розміщенням її поздовжньої осі з напрямком обертання: 1 - пшениця, 2 - жито, 3 - ячмінь

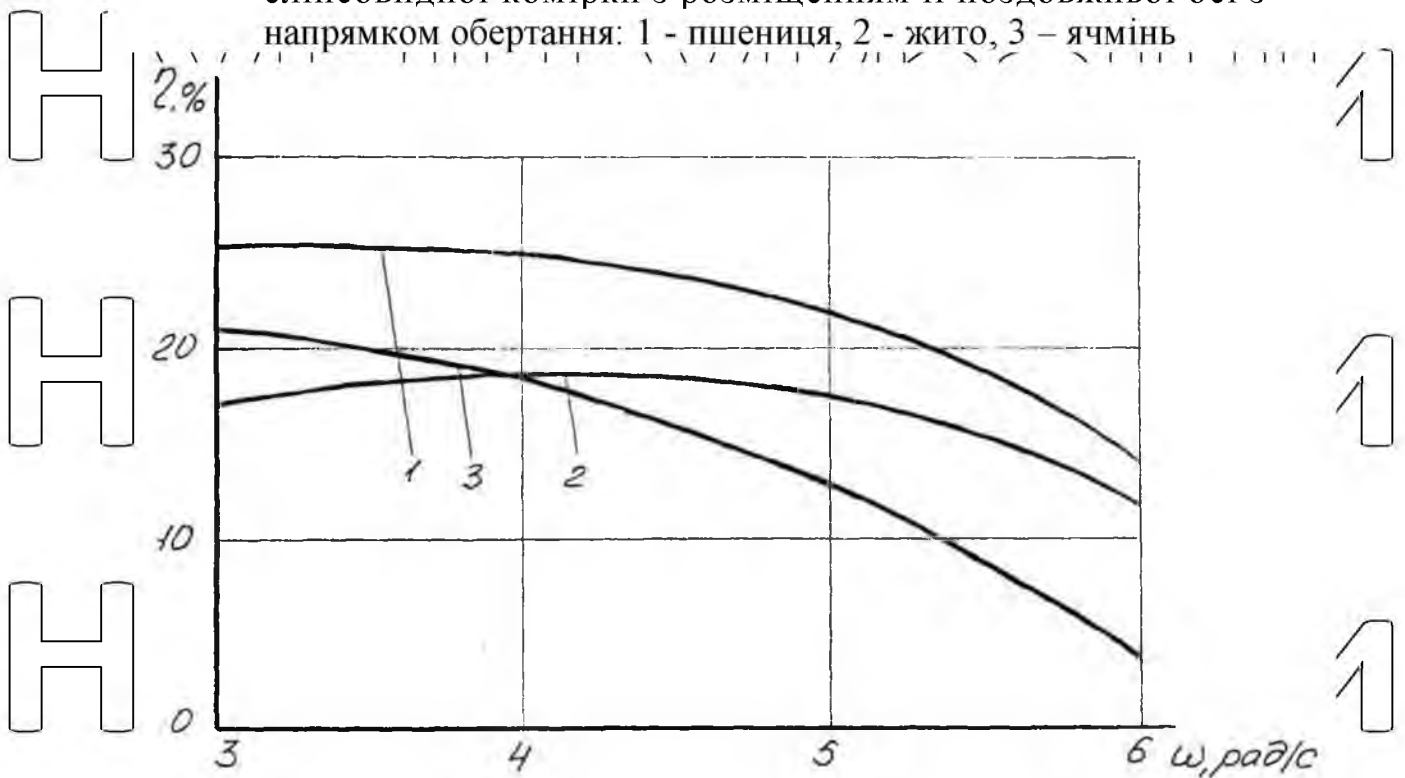


Рис. 4.2. Графічна залежність рівномірності висіву насіння пшениці від кутової швидкості  $\omega$  обертання висівного елемента для еліпсоїдної комірки з розміщенням її поздовжньої осі перпендикулярно до напрямку обертання: 1 - пшениця, 2 - жито, 3 - ячмінь

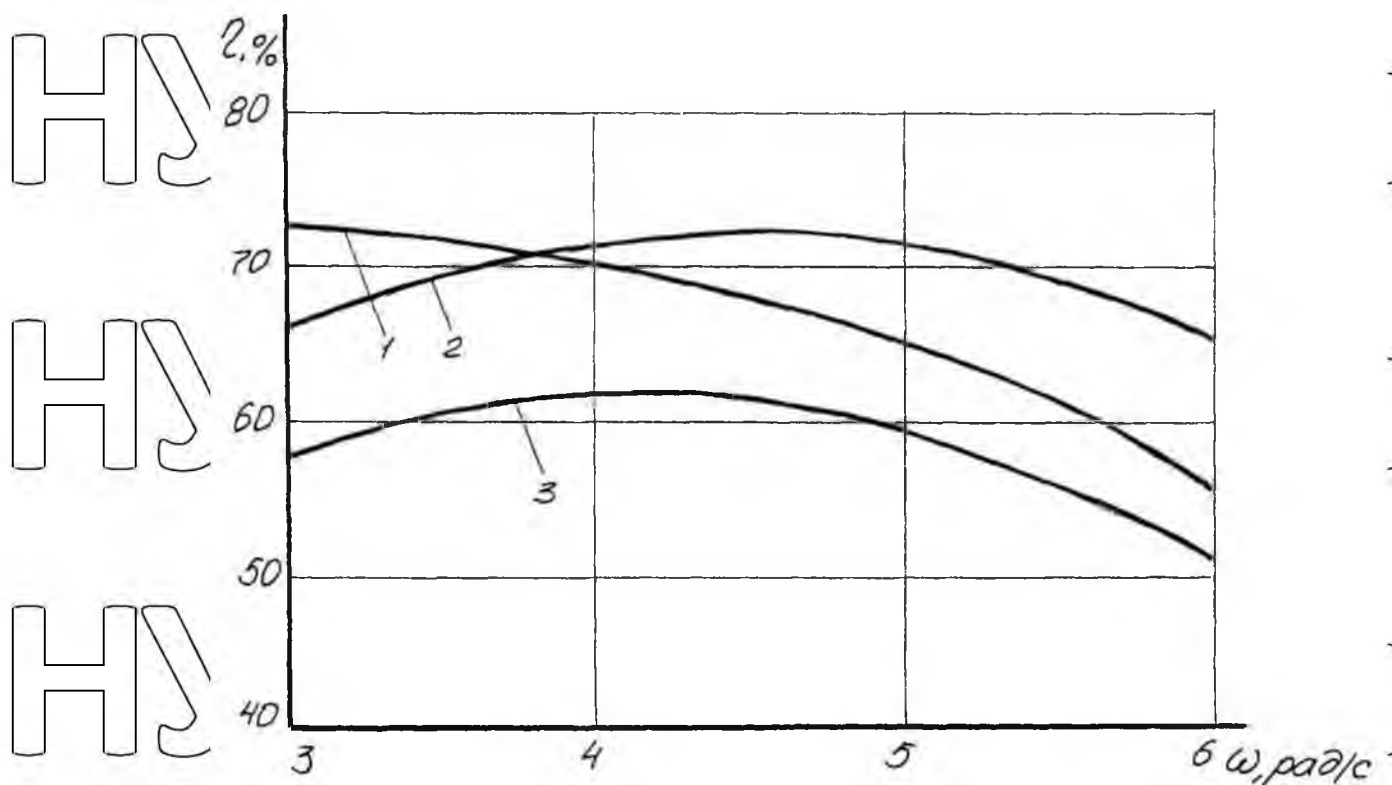


Рис. 4.3. Графічна залежність рівномірності висіву насіння пшениці від кутової швидкості  $\omega$  обертання висівного елемента для круглої комірки: 1 - пшениця, 2 - жито, 3 - ячмінь

#### 4.3. Результати досліджень по визначенню впливу

кутової швидкості обертання висівного елемента на процес рівномірного висіву насіння вздовж рядка

Визначення впливу кутової швидкості на процес рівномірного висіву насіння виконувалось за методикою п.3.2.3. Дослиди проводились на лабораторній установці рис. 3.3, 3.3 для трьох культур: насіння озимої пшениці "Миронівська біла", жита "Добриня" і ячменю "Роланд". За результатами досліджень побудовано графічну залежність рівномірності висіву насіння від кутової швидкості висівного елемента.

Аналіз отриманих графіків показує, що із збільшенням кутової швидкості рівномірність висіву різко зменшується. Її оптимальне значення кутової швидкості обертання висівного елемента при висіві зернових колосових культур висівним елементом з кутом нахилу його твірної  $\alpha = 30^\circ$

знаходиться в межах 3-4 рад/с, що відповідає якісному виконанню технологічного процесу зернової сівални в виробничих умовах з швидкістю сівки 4-5 км/год.

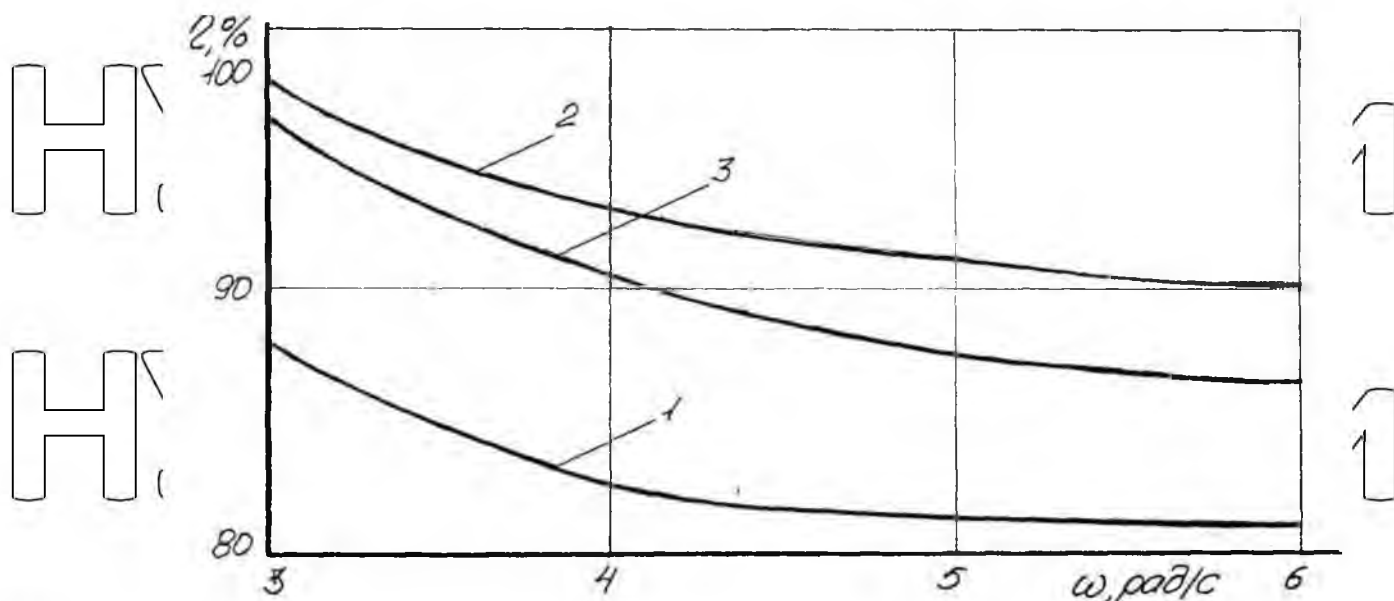


Рис. 4.16. Графічна залежність рівномірності  $m$  висіву насіння пшениці від кутової швидкості  $\omega$  обертання висівного елемента, де 1 -  $\gamma=5^\circ$ , 2 -  $\gamma=25^\circ$ , 3 -  $\gamma=40^\circ$ .

#### 4.4 Результата по визначенню впливу глибини

розрідження всередині висівного елемента на процес рівномірного висіву насіння вздовж рядка

На якість однозернового висіву насіння зернових культур значний вплив чинить такий технологічний фактор, як глибина розрідження всередині висівного елемента.

НУБІП України

НУБІП України

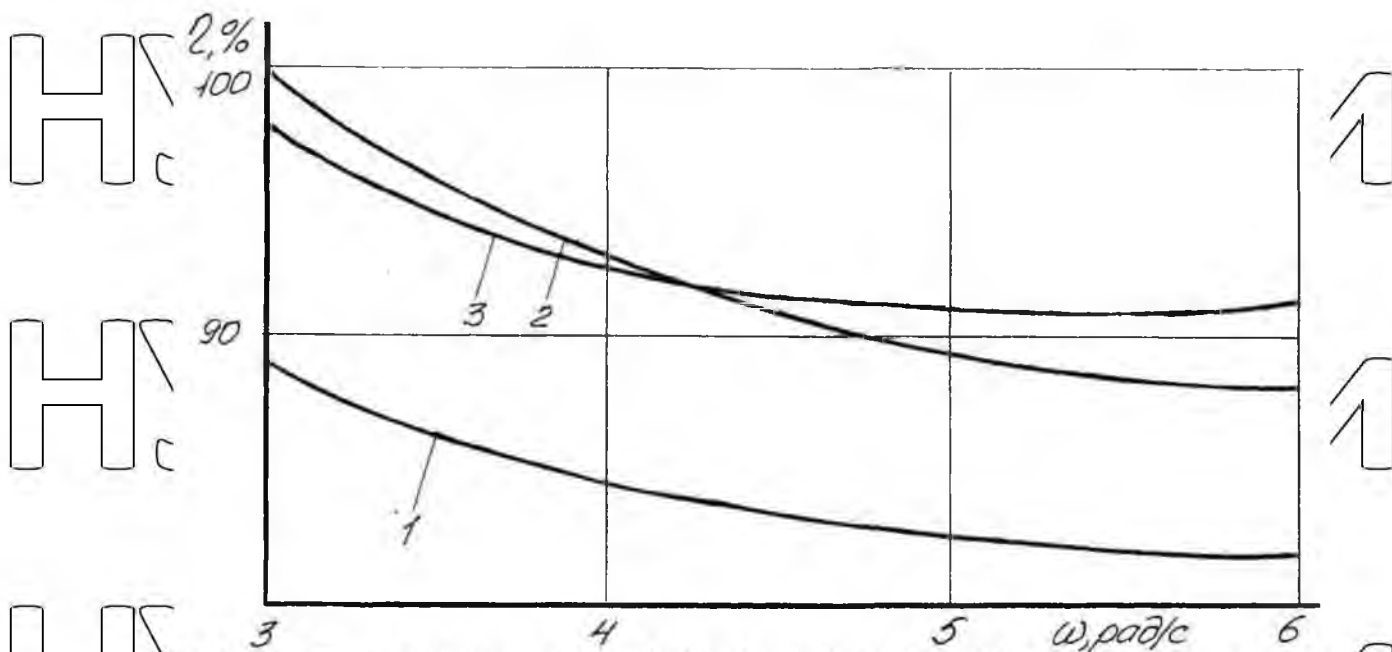


Рис. 4.17. Графічна залежність рівномірності  $r_j$  висіву насіння жита від кутової швидкості  $\omega$  обертання висівного елемента, де 1 -  $\gamma = 5^\circ$ , 2 -  $\gamma = 25^\circ$ , 3 -  $\gamma = 40^\circ$ .

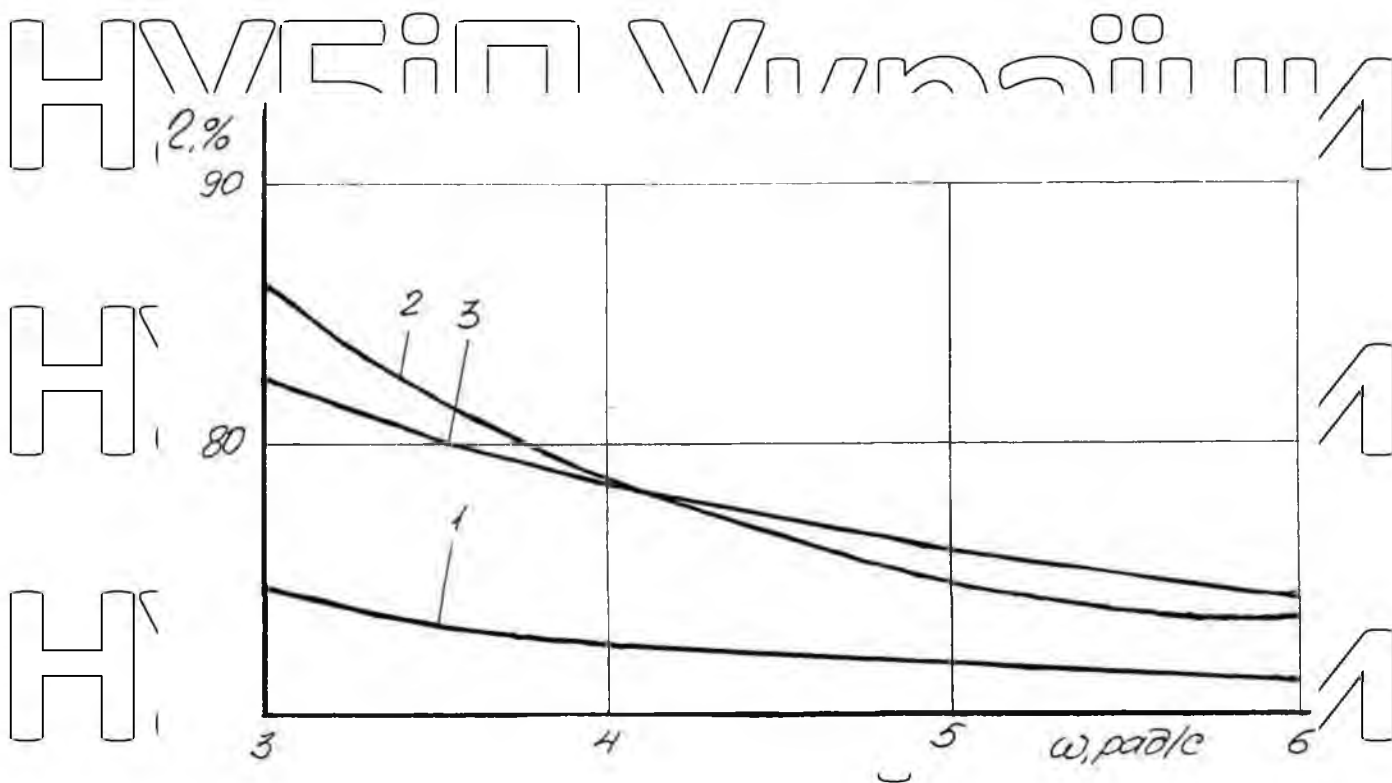


Рис. 4.18. Графічна залежність рівномірності  $r_j$  висіву насіння ячменю від кутової швидкості  $\omega$  обертання висівного елемента, де 1 -  $\gamma = 5^\circ$ , 2 -  $\gamma = 25^\circ$ , 3 -  $\gamma = 40^\circ$ .

Метою даних досліджень було визначення залежності впливу глибини розрідження всередині висівного елемента на процес рівномірного  $t_j$  висіву насіння.

Досліди проводились на лабораторній установці рис. 3.3, 3.4 за методикою викладеною п.3.2.3. при наступних умовах: кут нахилу у твірної висівного елемента рівний  $30^\circ$ , максимальний радіус його висівного елемента становить  $0,20\text{м}$ , його кутова швидкість  $\omega$  обертання змінювалась в межах  $3-6$  рад/с.

За результатами дослідів для насіння пшениці жита і ячменю нарис 4.19, рис 4.20, рис 4.21 побудовано графічні залежності впливу глибини  $H$  розрідження всередині висівного елемента на процес рівномірного  $t_j$  висіву насіння. Аналіз графічних залежностей показує, що із

збільшенням глибини розрідження всередині висівного елемента до  $450\text{Па}$  рівномірність  $t_j$  висіву насіння зернових колосових культур різко зростає з  $63\%$  до  $98\%$ .

З отриманих графіків видно, що із збільшенням глибини розрідження всередині висівного елемента присмоктуюча сила зростає і насінина надійніше утримується в комірці в процесі руху до зони розвантаження. Але подальшому збільшенні глибини розрідження і більше насінина не встигає відірватись від комірки в зоні розвантаження і висів насіння відбувається з пропуском.

На підставі викладеного можна зробити висновок, що оптимальна глибина розрідження всередині висівного елемента при його обертанні з кутовою швидкістю  $3-4$  рад/с рівномірність розподілу насіння становить при висіві насіння пшениці  $H=350-400\text{Па}$ , жита  $H=300-220\text{Па}$ , ячменю  $H=450-500\text{Па}$ . При цьому рівномірність висіву для пшениці, жита і ячменю знаходиться відповідно в межах  $t = 97-98\%$ ,  $r_j = 95-97\%$ ,  $t_j = 91-93\%$ .

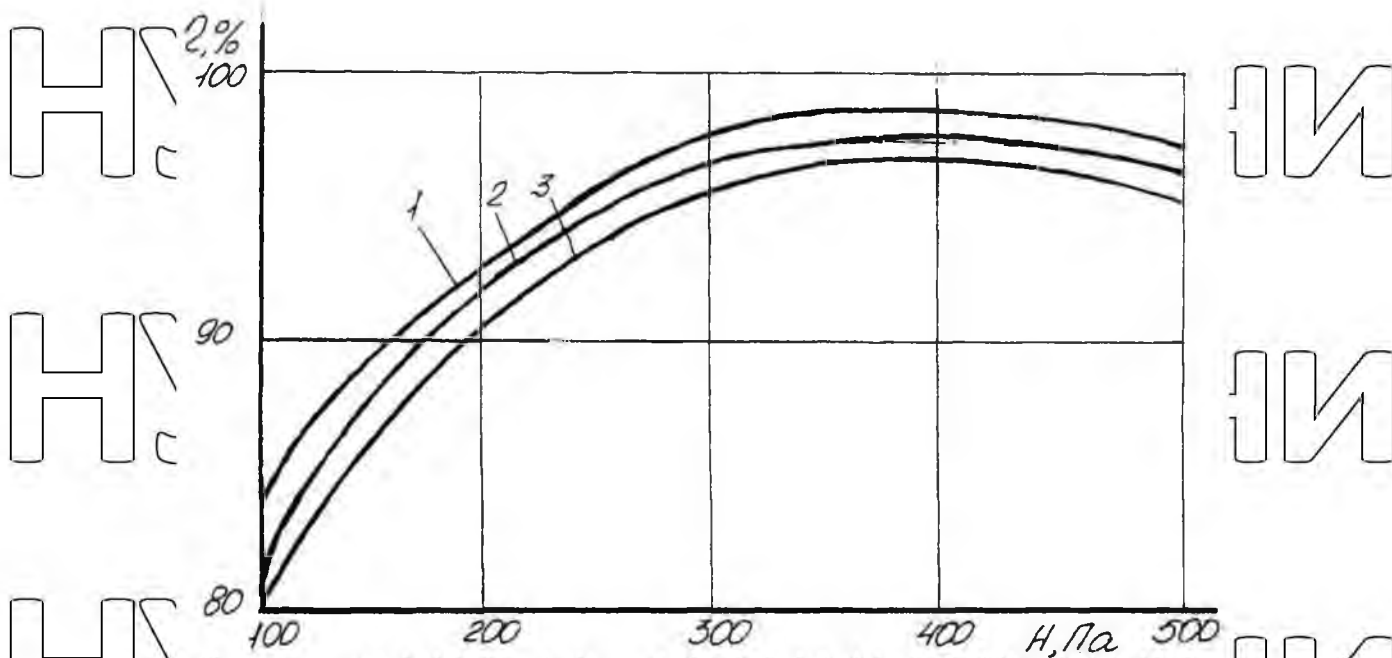


Рис. 4.19. Графічна залежність рівномірності  $r_j$  висіву насіння пшениці від глибини розрідження всередині висівного елемента, де 1 - 3рад/с, 2-4рад/с, 3-5рад/с, 4-6рад/с.

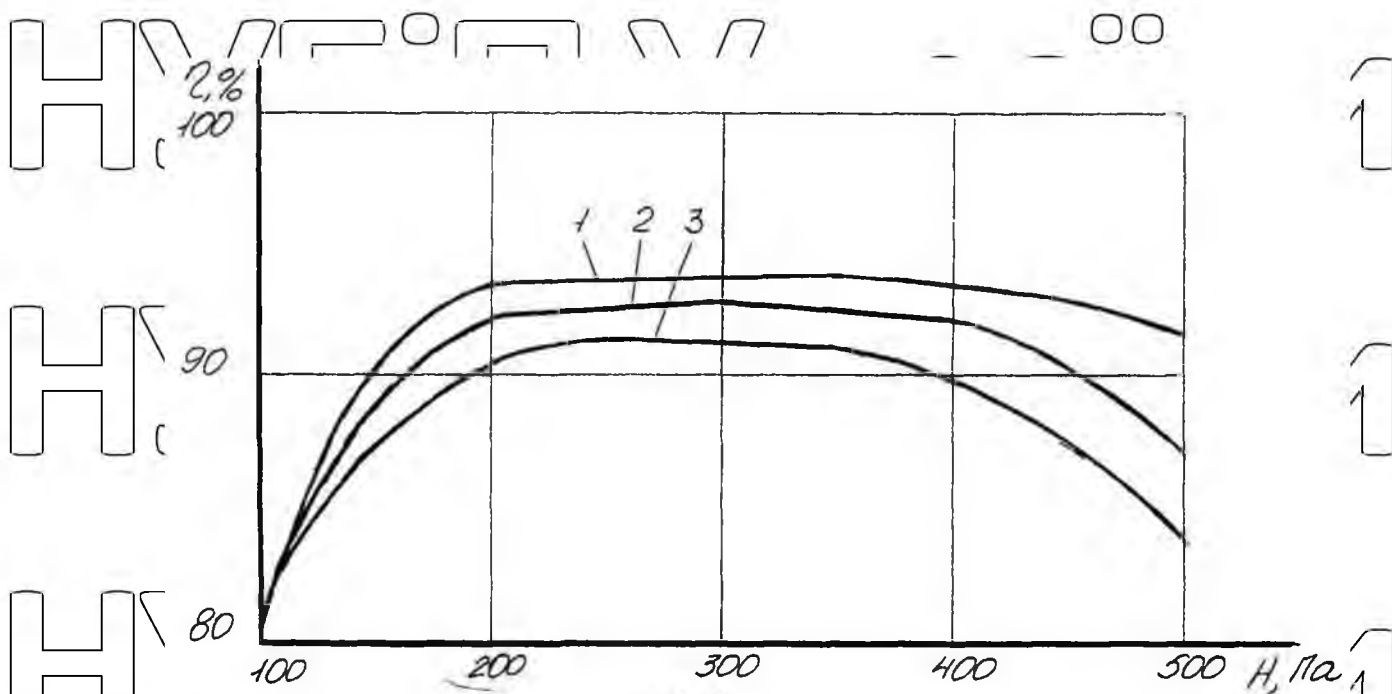


Рис. 4.20. Графічна залежність рівномірності  $r_j$  висіву насіння жита від глибини розрідження всередині висівного елемента, де 1 - 3рад/с, 2- 4рад/с, 3 - 5рад/с, 4- 6рад/с.

НУБІП України

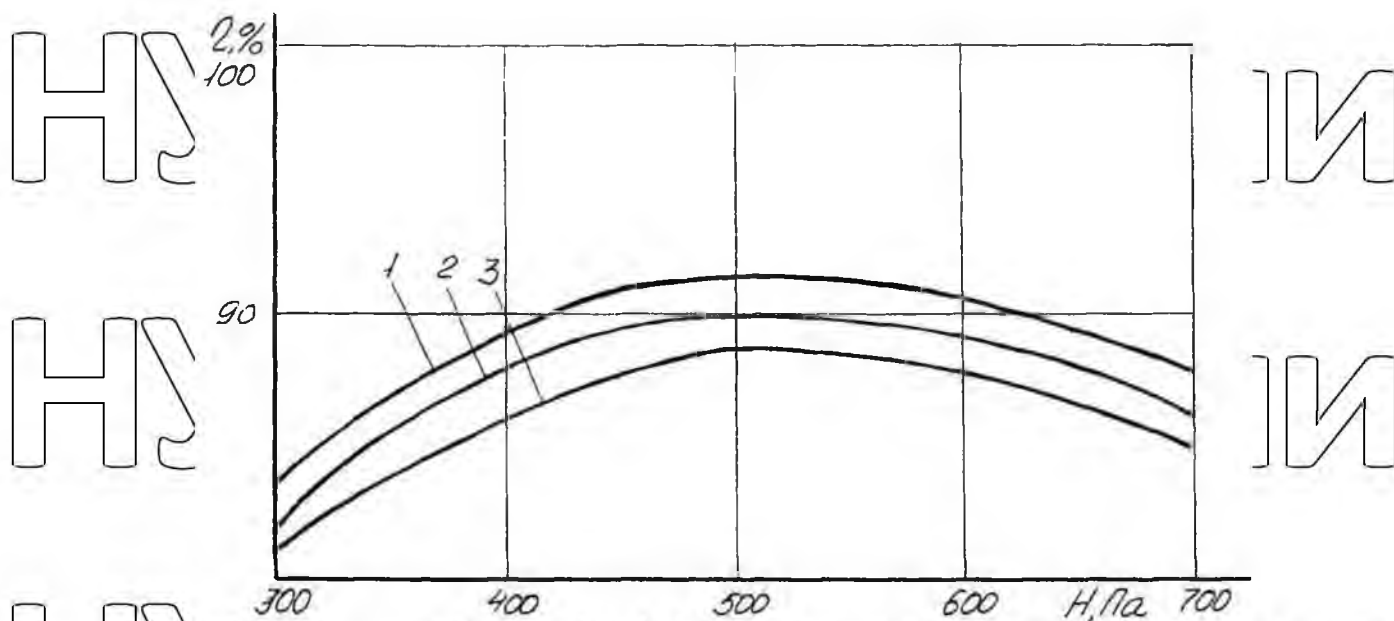


Рис. 4.21. Графічна залежність рівномірності  $r_j$  висіву насіння ячменю від глибини розрідження всередині висівного елемента де 1 - (0=3рад/с, 2-й)=4рад/с, 3- 5рад/с, 4- 6рад/с

#### 4.5. Результати досліджень по визначенню впливу висоти встановлення насіннепровода над дном борізки на рівномірність висіву насіння вздовж рядка

На рівномірність розподілу насіння по площі поля впливає висота кз падіння насіння з насіннепровода в процесі висіву, тобто відстань між насіннепроводом і дном борізки. Відомо, що чим менша висота падіння насіння, тим більша рівномірність розподілу насіння, але так як встановити насіннепровід безпосередньо над дном борізки немає конструктивної можливості, то необхідно визначити максимально-допустиму висоту кз встановлення насіннепровода над дном борізки і її вплив на рівномірність розподілу насіння по площі поля.

Досліди провели на лабораторній установці рис. 3.2, 3.3 за методикою викладеною в п.3.2.3. при наступних умовах: кут нахилу у

твірної висівного елемента рівний  $30^\circ$ , кутова швидкість його обертання рівна 5 рад/с.

За результатами дослідів для насіння пшениці, жита і ячменю на рис 4.22 побудовано графічну залежність впливу висоти  $h_3$  падиння насіння на процес рівномірного розподілу насіння. Аналіз графічних залежностей показує, що при висоті  $h_3$  в межах 0,01-0,04м рівномірність висіву становить 97-98% і з збільшенням висоти  $h_3$  до 0,08м рівномірність зменшується і становить в межах 55-60%.

Аналогічні результати отримані і для насіння жита і ячменю. Відповідно при висоті  $h_3$  в межах 0,01-0,04м рівномірність розподілу насіння становить 95-97% та 91-93%.

Отже, висота встановлення насіннепровода повинна бути не більше 0,04м над дном борідки, що не впливає на рівномірність розподілу насіння вздовж рядка.

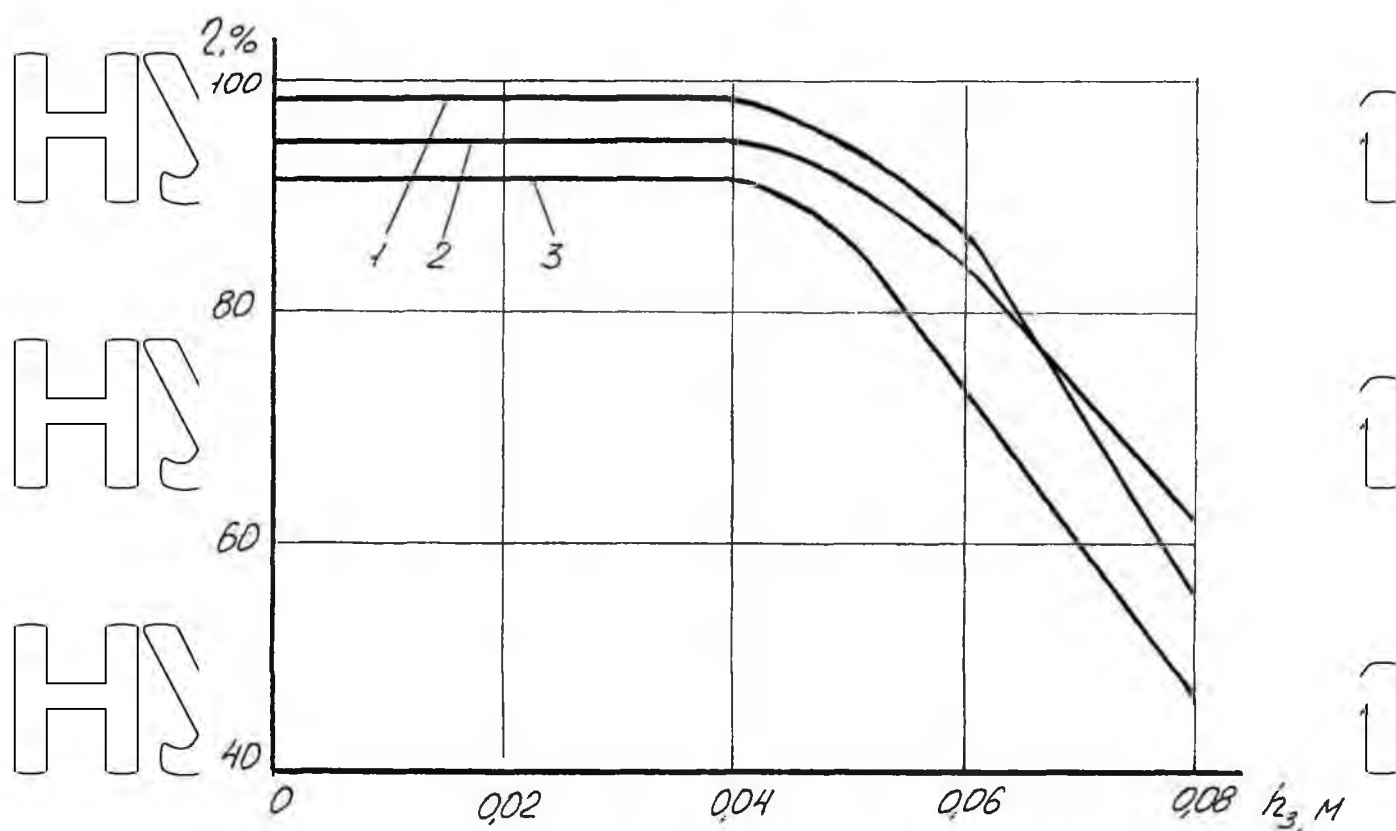


Рис. 4.2.2. Графічна залежність висоти встановлення насіннепровода над дном борідки на рівномірність розподілу насіння вздовж рядка

#### 4.6. Вплив глибини заробки насіння на польову схожість

##### рослин

Вплив глибини заробки насіння визначали шляхом пробного висіву насіння зернових колосових культур на різну глибину від 2см до 5см. Через 15 днів після появи перших сходів підраховували кількість рослин, які зійшли нормальними і кількість рослин, які зійшли ослабленими і в процентному співвідношенні до висіяних визначали польову схожість рослин.

Результати впливу глибини заробки насіння на польову схожість насіння показали, що при глибині загорання 2-3см польова схожість насіння становить 96,2%.

#### 4.7. Результати лабораторно-польових дослідів

На основі проведених лабораторних досліджень можна зробити висновок, що розроблений пневматичний висівний апарат здійснює якісний однозерновий відбір насіння з зернового шару бункера і рівномірно його розміщує насіння по площі біжучого поля. Результати досліджень показують, що рівномірність розміщення насіння пшениці становить 97-98 % жита -95-97 %, ячменю - 91-93 %. Ступінь подрібнення насіння під час висіву сягає 0,5-1,5%. Проте польові дослідження показали, що рівномірність висіву за рахунок хаотичного руху насіння в насіннеспроводі і заробці сошниками знижується до 89,4 %.

Для перевірки ефективності роботи сівалки точного висіву у 2020 році проводились польові випробування з висівом насіння озимої пшениці "Миронівська-61" на площі 0,6га. Два виготовлених висівних апарати встановлювались на експериментальній сівалці з шириною міжрядь 0,05м та шириною захвату 2,1 м. Результати проведених випробувань показали надійну роботу висівних апаратів і високу рівномірність розподілу насіння по площі поля.

## 5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ

### ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРОБЛЕНОГО ВИСІВНОГО АПАРАТА

Полеві випробування проводились з висівом насіння озимої пшениці "Миронівська-61" на площі 0,6 га. Два виготовлених висівних апарата встановлювались на експериментальній сівалці з шириною міжрядь 0,05 м та шириною захвату 2,1 м. Результати проведених випробувань показали, що в порівнянні з рядовим висівом точний розподіл насіння при нормі висіву 1,1 млн.шт./га забезпечив приріст врожаю зерна на 5,5 ц/га.

Економічний ефект від впровадження в експлуатацію нової пневматичної сівалки для точного висіву зернових колосових культур визначався в порівнянні з серійною рядовою сівалкою СЗ-3,6.



Рис. 5.1 Загальний вигляд поля після висіву експериментальною сівалкою

Економічна ефективність роботи нового висівного апарату оцінювалась за такими показниками:

1. Затрати праці на один гектар, люд-год./га

$$T = \frac{L}{W_{зм}}; \quad (5.1)$$

де  $L$  - кількість обслуговуючого персоналу, люд;

$W_{зм}$  - змінна продуктивність агрегату, га/год.

$$T_B = \frac{1}{3,8} = 0,27 \text{ люд. год/га}$$

$$T_H = \frac{1}{4,3} = 0,23 \text{ люд. год/га}$$

3. Прямі експлуатаційні затрати на один фізичний гектар, грн./га:

$$U = Z_p + A + P; \quad (5.2)$$

де  $Z_p$  - заробітна платня механізатора, грн./га;

$A$  - амортизаційні відрахування, грн./га;

$P$  - відрахування на ремонт, технічне обслуговування і зберігання, грн./га;

а) заробітна платня механізатора, грн./га;

$$Z_p = \frac{L C_{год}}{W_{см}}; \quad (5.3)$$

де  $L$  - кількість обслуговуючого персоналу, люд;

$C_{год}$  - годинна тарифна ставка механізатора, грн./год;

$W_{см}$  - продуктивність висівного агрегату за годину змінного часу, грн./год;

НУБІП України

$$Z_{PH} = \frac{1 \cdot 45}{3,8} = 11,84 \text{ грн/га}$$

$$Z_{PH} = \frac{1 \cdot 45}{4,3} = 10,46 \text{ грн/га}$$

НУБІП України

б) амортизаційні відрахуння, грн./год:

НУБІП України

$$A = \frac{a C_b}{100 W_{cm} t}; \quad (5.4)$$

де  $C_b$  - балансова вартість сівалки, грн.;

$a$  - нормативний коефіцієнт відрахувань на реновацию, %;

$t$  - річне завантаження сівалки, год;

НУБІП України

$$A_B = \frac{14,2 \cdot 180000}{100 \cdot 3,8 \cdot 20} = 336,32 \text{ грн/га}$$

НУБІП України

$$A_H = \frac{14,2 \cdot 180000}{100 \cdot 4,3 \cdot 20} = 297,2 \text{ грн/га}$$

в) відрахуння на ремонт, технічне обслуговування і зберігання, грн./га;

НУБІП України

$$P = \frac{C_b r}{100 W_e t}; \quad (5.5)$$

де  $r$  - нормативний коефіцієнт відрахувань на ремонт, технічне

обслуговування і зберігання, %;  $W_e$  - продуктивність висівного агрегату за годину експлуатаційного часу,

НУБІП України

$$P_B = \frac{180000 \cdot 13}{100 \cdot 3,8 \cdot 20} = 307,9 \text{ грн/га}$$

$$P_H = \frac{180000 \cdot 13}{100 \cdot 4,8 \cdot 20} = 272,1 \text{ грн/га}$$

$$U_B = 11,84 + 336,32 + 307,9 = 656 \text{ грн/га}$$

$$U_{II} = 10,46 + 297,2 + 272,1 = 579,76 \text{ грн/га}$$

4. Капіталовкладення на один гектар, грн./га:

$$K = \frac{C_0}{W_{cm} t} \quad (5.6)$$

де  $C_0$  - балансова вартість сівалки, грн.;  
 $W_m$  - змінна продуктивність агрегату, га/год;  $t$  -  
 річне завантаження сівалки, год.

$$K_B = \frac{180000}{3,8 \cdot 20} = 2368,42 \text{ грн/га}$$

$$K_H = \frac{180000}{4,3 \cdot 20} = 2093 \text{ грн/га}$$

4. Економія від реалізації додаткової врожайності з одного гектара,  
 грн./га;

$$E_{ds} = (Y_m - Y_p) C_3; \quad (5.7)$$

де  $Y_m, Y_p$  - врожайність культури відповідно при точному і рядовому висіві,  
ц/га;

$C_z$  - закупівельна ціна продукції, грн./ц.

$$E = (60,5 - 55) \cdot 767 = 4218,5 \text{ грн./га}$$

5. Річний економічний ефект від використання розроблюваної сівалки, грн.:
- 6.

$$E_p = [(U_b + EK_b) - (U_n + EK_n)] E_{dv} \quad (5.8)$$

де  $U_b, U_n$  - прямі експлуатаційні затрати при використанні базової і нової сівалки, грн./га;

$E = 0,15$  - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних затрат;  $K_b, K_n$  - капітальні затрати на один гектар висіву при використанні базової і нової

сівалки, грн./га;

$E_{dv}$  - економія від реалізації додаткової врожайності з одного гектару, грн./га;

$$E_p = [(656 + 0,15 \cdot 2368,42) - (579,76 + 0,15 \cdot 2093)] \cdot 4218,5 = 495897 \text{ грн}$$

Строк окупності додаткових капіталовкладень складає:

$$T_{ок} = K/E, \quad (5.12)$$

$$T_{ок} = 40000/495897 = 0,1 \text{ років} = 1 \text{ місяць}$$

де  $K$  - капіталовкладення ;

Вартість виготовлення і монтажу розроблених висівних апаратів 40000 грн.

Річний економічний ефект від розробленого удосконалення  $E_m = 495897$  грн.

Результати розрахунків приведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Показники економічної ефективності використання пневматичної сівалки для точного висіву насіння зернових колосових культур

Показники	Одиниці виміру	Спосіб висіву	
		Рядовий	Точний
1. Затрати праці на гектар	люд.год/га	0,27	0,23
2. Прямі експлуатаційні затрати на фізичний гектар	грн./га	656	579,76
В тому числі;			
а) заробітна плата робітникам;	грн./га	11,84	10,46
б) амортизаційні відрахуння;	грн./га	336,32	297,20
в) відрахуння на поточний ремонт, технічне обслуговування і зберігання;	грн./га	307,9	272,1
3. Капіталовкладення;	грн./га	2368,42	2093
4. Економія від реалізації додаткової врожайності з одного гектара;	грн./га		4218,5
5. Річний економічний ефект від використання запропонованої сівалки	грн.		495897
6. Строк окупності додаткових капіталовкладень	місяців		1

Аналіз отриманих даних показує, що застосування сівалки для точного висіву підвищує врожайність озимої пшениці "Миронівська-6Г" на 5,5ц/га, дозволяє отримати економічний ефект в розмірі 495897 грн. за рахунок зменшення норми висіву насіння до 3,1 млн.шт/га та рівномірного розміщення насіння по площі поля.

## ВИСНОВКИ

1. Аналіз основних факторів, які впливають на процес формування врожаю зернових колосових культур показав, що найбільший вплив має рівномірність розміщення насіння по площі поля, яка досягається при однозерновому точному висіві. Для здійснення однозернового висіву насіння зернових колосових культур найбільш ефективним технічним засобом є пневматичний апарат з конічним висівним елементом встановленим на вертикальній осі і направленим вістрям до поверхні поля.

Теоретично доведено, що величина сили присмокування насінини до комірки залежить як від фізико-механічних властивостей насіння зернових колосових культур, так і від технологічних, А) і конструктивних параметрів висівного апарата.

Встановлено, що при зменшенні висоти  $h$  зернового шару в бункері до 0,1м і кутовій швидкості обертання висівного елемента до 3 рад/с насінина надійно утримується в комірці і транспортується до зони розвантаження без присмокуючої сили. З збільшенням кутової швидкості до 5...6рад/с різко зростає відцентрова сила, яка відриває насінину від комірки і для забезпечення надійного однозернового висіву сила присмокування повинна становити не менше 0,06Н.

4.3 метою забезпечення стовідсоткового заповнення комірок насінням висота забірної камери під нижньою основою повинна становити не менше 0,05...0,06м, а довжина дуги сектора обхвату висівного елемента на найменшому колі розміщення комірок - не менше 0,12м.

5. Теоретичними і експериментальними дослідженнями встановлено, що найбільш висока рівномірність висіву 99,94% насіння запропонованим апаратом забезпечується при таких параметрах: мінімальний допустимий радіус нижнього кола розміщення комірок 0,12м, кут нахилу твірної конусної поверхні висівного елемента до нижньої основи.

6. Експериментально підтверджено, що на рівномірність висіву

впливають технологічні параметри, такі як висота зернового шару в бункері, глибина розрідження всередині висівного елемента та кутова швидкість його обертання. Отримана математична модель процесу висіву насіння дозволила за коефіцієнтом рівномірності розподілу насіння по площі поля встановити, що оптимальна кутова швидкість обертання висівного елемента становить  $3 \text{ рад/с}$ , що відповідає робочій швидкості сівалки  $4 \text{ м/с}$ , глибина розрідження -  $450 \text{ Па}$ , а висота зернового шару насіння в бункері може опускатись до мінімально-допустимого рівня  $h = 0,03 \text{ м}$ .

Розроблена методика інженерного розрахунку висівного апарата дозволяє з достатньою точністю визначити основні конструктивно-технологічні параметри кінцевого висівного елемента такі як радіуси кіл і крок розміщення комірок та їх кількість, глибину розрідження.

Результати польових досліджень показали, що очікуваний річний економічний ефект складає  $495897 \text{ грн.}$  на одну сівалку точного висіву.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини : теоретичні основи, конструкція, проектування : підруч. для студ. вищ. навч. закл. Із спец. «Машини та обладнання с.-г. вир-ва» / За ред. М.І. Черновола / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний. – К.: Урожай, 2001. – Кн. 1 : машини для рільництва. – 384 с.

2. Матухно Н.В. Передумови вдосконалення механізмів приводу висівних апаратів посівних машин / Н.В. Матухно // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2011. – Вип. 166. Ч. 2. – С. 267–272.

3. Аніскевич Л.В. Адаптивне управління нормами внесення технологічних матеріалів в точному землеробстві / Л.В. Аніскевич // Науково-виробничий журнал «Електротехніка і механіка» – 2007 – № 1. – С. 57–66.

4. Матухно Н.В. Привод висівних апаратів сівалок / Н.В. Матухно // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2012. – Вип. 170, Ч. 1. – С. 234–244.

5. Матухно Н.В. Синтез існуючих приводів висівних апаратів сівалок / Н.В. Матухно // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2012. – Вип. 170, Ч. 1. – С. 245–249.

6. Барабаш Т. Особливості обґрунтування режимів роботи машинних агрегатів з використанням сучасних енергетичних засобів / Т. Барабаш, В. Зубко, О. Барабаш, Т. Шур // Вісник Львівського національного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. – Львів: ЛНАУ, 2013. № 17. – С. 110 – 116.

7. Решетило О.М. Методика оцінки рівномірності розміщення рослин зернових колосових культур по площі поля // Наукові нотатки. Вип. 8. – Луцьк, 2001. – С. 202–207.

8. Лотиш В.В., Решетило О.М. Оптимізація конструктивно-технологічних параметрів вакуумного висівного апарату внутрішнього заповнення за допомогою імітаційної комп'ютерної моделі // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. Наукові праці Кременчуцького

державного політехнічного університету. – Вип. 2/2001 (11). – Кременчук, 2001. – С. 238-242.

9. Летиш В.В., Решетило О.М. Експрес-метод оцінки рівномірності розміщення рослин по площі поля // Наукові нотатки. Вип. 10. – Луцьк, 2002. – С. 129-137.

10. Шведик М.С., Решетило О.М. Аналіз дії сили тиску зернового шару на насінину, що знаходиться в комірчині конічного висівного елемента при його обертанні // Наукові нотатки. Вип. 10 – Луцьк, 2002. – С. 248-254.

11. Решетило О.М. Прогнозування роботи пневматичної сівалки точного висіву за допомогою імітаційної комп'ютерної моделі // Наукові нотатки. Вип. 13. – Луцьк, 2003. – С. 272-276.

12. З. А. Рудь, І. Мошенко, Ю. Павелчук, Л. Михайлова. (2014). Сучасні зернові сівалки вітчизняного виробництва для технології Міні ТіЦ. Збірник наукових праць Подільського державного аграрного технічного університету, 2014 р. За ред. 22. - С. 468-473

13. Погорілій В. (2014). Випробування зернових сівалок: пристосованість до систем обробітку ґрунту. Техніка та технології агропромислового комплексу: науково-виробничий журнал, 14, 25-30

14. П. Марковський, Д. Хош, З. Каліневич, М. Голдер, А. Акілевич. (2013). Порівняння потужності висіву насіння пшениці з універсальною сівалкою. Rolnicz Engineering. 2013, Під ред. 4 (147) Т.1- С. 213-222

15. В. Думич, Я. Сало. (2018). Дослідження ефективності роботи тракторів в агрегаті із сільськогосподарськими машинами. Збірник Наука. праць Л. Погорилого УкрНДІПВТ. Технічні та технологічні аспекти розробки та випробування нового обладнання та технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. 2018, Ред. 22 (37). - С. 83-88

16. Климчук М., Сало Й., Думич.Погорілій В. (2018). Випробування посівних машин у Західному регіоні України. Техніка та технології агропромислового комплексу: науково-виробничий журнал, 12, 32-36