

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи
освітнього ступеня “Магістр”
на тему:

**ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПАРАМЕТРІВ ПНЕВМАТИЧНОГО ВИСІВНОГО АПАРАТУ СІВАЛКИ
АСТРА-6**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГАІз-1-22
за спеціальністю 208 “Агроінженерія”

_____ Віталій ЯВОРСЬКИЙ

Керівник _____ Наталія ПОНОМАРЕНКО

Рецензент _____
(підпис, прізвище та ініціали)

Дніпро 2024

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1,2.Тема, мета і задачі досліджень. 3. Класифікація апаратів точного висіву зернових колосових культур. 4. Відомі схеми висівних апаратів. 5,6. Відомі схеми висівних апаратів. 7 Відомі схеми висівних апаратів. 8. Принципова схема пневматичного висівного апарата. 9 Схема лабораторної установки для визначення конструктивно-технологічних параметрів висівного апарата. 10. Результати експериментальних досліджень. 11. Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв
1	Пономаренко Н.О		
2	Пономаренко Н.О		
3	Пономаренко Н.О		
4	Пономаренко Н.О		
5			
6			
Нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання: 20.09.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№п/п	Назва етапів дипломного Проекту	Строк виконання етапів роботи	<i>Примітка</i>
1	Аналітичний (оглядовий)	до 30.11.2023 р.	
2	Теоретичний	до 10.12.2023 р.	
3	Експериментальний	до 29.12.2023 р.	
4	Охорона праці	до 15.01.2024 р.	
5	Економічний	до 22.01.2024 р.	
6	Демонстраційна частина	до 28.01.2024 р.	

Студент

(підпис)

Яворський Віталій

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Пономаренко Наталія

(прізвище та ініціали)

Зміст

Анотація.....	7
Вступ.....	8
1. Огляд науково-технічної літератури.....	10
1.1. Аналіз основних факторів, що впливають на формування врожаю зернових колосових культур.....	10
1.2. Аналіз конструкцій пневматичних висівних апаратів для точного висіву насіння зернових колосових культур.....	14
1.3. Огляд теоретичних і експериментальних досліджень процесу однозернового висіву насіння зернових колосових культур.....	24
1.4. Висновки до розділу.....	26
2. Теоретичні дослідження конструктивно-технологічних параметрів висівного апарату.....	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.....	36
2.5. Обґрунтування технологічно-конструктивної схеми пневматичного висівного апарата.....	44
2.6. Висновки до розділу.....	46
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 загортання насіння на	

польову схожість рослин.....	58
3.5. Методика проведення лабораторно-польових дослідів і визначення якості рівномірності розподілу насіння по площі поля.....	58
4. Результати експериментальних досліджень.....	59
4.1. Результати досліджень по визначенню напрямку переміщення насіння зернових колосових культур при обертанні висівного елемента	59
4.2. Результати досліджень по визначенню впливу форми комірки на рівномірність висіву насіння вздовж рядка.....	60
4.3. Результати визначення впливу радіуса висівного елемента на рівномірність висіву насіння вздовж рядка.....	62
4.4. Результати досліджень впливу довжини дуги сектора забірної камери бункера на процес рівномірного висіву насіння вздовж рядка....	65
4.5. Результати досліджень по визначенню впливу кутової швидкості обертання висівного елемента на процес рівномірного висіву насіння вздовж рядка.....	68
4.6. Результати по визначенню впливу глибини розрідження всередині висівного елемента на процес рівномірного висіву насіння вздовж рядка	70
4.7. Результати досліджень по визначенню впливу висоти встановлення насіннепроводу над дном борізки на рівномірність висіву насіння вздовж рядка.....	72
4.8. Вплив глибини заробки насіння на польову схожість рослин.....	74
4.9. Результати лабораторно-польових дослідів.....	74
4.10. Висновки до розділу.....	75
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	76
6. Техніко - економічні показники проекту.....	85
6.1. Експлуатаційні витрати.....	86
6.1.1. Основна і додаткова заробітна плата.....	86
6.1.2. Амортизаційні відрахування.....	87
6.1.3. Витрати на ПММ.....	87
6.1.4. Витрати на ТО, ТР, зберігання.....	88
Загальні висновки.....	92
Список використаної літератури.....	94

Анотація

Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів пневматичного висівного апарату сівалки АСТРА-6.

У першому розділі представлено огляд літературних джерел за темою досліджень. Наведено аналіз основних факторів, що впливають на формування врожаю зернових колосових культур. Приведені теоретичні та експериментальні дослідження процесу одно зернового висіву насіння зернових колосових культур.

У другому розділі проаналізовано взаємодію конічного висівного елемента з еліпсоподібною насінниною, визначено мінімально допустиму довжину дуги сектора заповнення комірок. Визначено глибину розрідження всередині висівного апарату.

У третьому розділі представлено програму та методику лабораторних і польових досліджень з використанням стандартних і розроблених методик та технічного забезпечення.

У четвертому розділі наведено результати експериментальних досліджень та випробувань.

У п'ятому розділі Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях проведено аналіз стану охорони праці в підприємстві.

У шостому розділі приведено розрахунок техніко-економічних показників.

Ключові слова: висівний апарат, технологічний процес, конічний висівний елемент, врожайність.

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.

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

Задачі дослідження:

1. Теоретично встановити закономірності процесу заповнення комірок висівного апарата насінням та їх утримання під час транспортування в зону висіву.
2. Визначити вплив конструктивних і технологічних параметрів висівного апарата на процес рівномірності висіву насіння зернових колосових культур.
3. 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.

Полюві випробування проводились у 2022 році з висівом насіння озимої пшениці «Миронівська-61» на площі 1 га. Два виготовлених висівних апарата встановлювались на експериментальній сівалці з шириною захвату 2,1 м.

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

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 висіву насіння та ступінь травмування оболонки насіння при висіві. Фізичні фактори характеризують середовище, в якому знаходиться насінина 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 куціння 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, Дослідженнями багатьох вчених [26, 31, 37, 46, 47] 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 [26].

Результати досліджень [31, 37, 46, 47] 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 косе раннє і вечірнє проміння рівномірно освітлювало всі рослини. Ця вимога, як стверджують дослідники І.І. Синягін і В.П. Гудзь [26] найбільш повно

задовольняється 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 [26], який залежить від густоти посіву і характеру розміщення рослин по площі поля. Як показують результати досліджень В.М. Гармашова, В.М. Гриньова, А.Ю. Ковалю [24] 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 [31]. Вони встановили, що густота залежить від агротехнічних умов та біологічних особливостей культури і сорту. Дослідження К.А. Касаєвої 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 [52], В.П. Гудзь в своїй роботі [26] 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 куціння [17,19,52] і за рахунок цього норму висіву знизити до 3 млн.шт./га. Зокрема бельгійські вчені рекомендують раціонально використовувати інтенсивність куціння при вирощуванні озимої пшениці, на їх думку, для одержання 400-500 продуктивних стебел на 1м² необхідно висівати 150-200 штук схожих насінин, тобто 1,5-2,2 млн.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. Німецькі вчені навпаки вважають, що для отримання 550-600 продуктивних стебел необхідно висівати 450-500 штук насінин на 1м², тобто встановлювати норму висіву приблизно рівною числу продуктивних стебел на одиницю площі.

Застосовуючи малі норми висіву в Ленінградському агрофізичному інституті вчені прийшли до висновку, що необхідно вивести спеціальні висококустисті сорти зернових культур з 40-50 стеблами в одному вузлі. Це дозволить отримати врожай рівноцінний врожаю при висіві звичайною нормою. Але найбільш ефективним способом сівби є точний висів, який за рахунок рівномірного розміщення рослин по площі поля створює для них оптимальні умови для життєдіяльності.

Результатами досліджень встановлено, що близько 68% стебел при точній сівбі є продуктивними, у той час як у посівах звичайного і вузькорядного способу висіву лише 31,4-44,3%. Зменшення продуктивності кущіння відбувається при нерівномірному розміщенні рослин по посівній площі, внаслідок неоднакової площі живлення, що припадає на одну рослину.

За визначенням академіка І.І Сinyaгіна "...під площею живлення слід розуміти певну частину поля з відповідною їй товщиною ґрунту і об'ємом повітря, який припадає на одну рослину". При точному способі сівби формується оптимальна площа живлення для кожної рослини, яка має форму круга, за рахунок чого більш раціонально використовуються поживні речовини, пригнічується ріст бур'янів, а насіння має високі посівні якості. При зменшенні відстані між рослинами в рядку і між рядками, форма площі живлення змінюється.

Площа живлення - величина зворотня до густоти розміщення рослин. Існуючі звичайний рядковий і вузькорядний способи сівби навіть при занижених нормах висіву не забезпечують оптимальної площі живлення для кожної рослини.

В роботах В.П. Гудзя [26] доведено доцільність відбору висівного матеріалу з ділянок з низькою нормою висіву. Так висівний матеріал при нормі висіву 5 млн.шт. на 1 га забезпечив приріст врожаю зерна на 1,4-1,9% в порівнянні з посівним матеріалом, отриманим при нормі висіву 6-7млн.шт./га. Точний висів з малою нормою 2-3 млн. шт./га дає можливість зекономити 80-100 кг висівного матеріалу на 1га при одночасному збільшенні врожаю на 3-4 ц/га.

Але до недавнього часу точний висів не мав достатнього наукового агротехнічного обґрунтування доцільності його застосування, як заходу, спрямованого на підвищення врожайності та зниження норми висіву. Результати досліджень Л.В. Погорілого і М.С. Шведика 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 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./м². При цьому врожай зернових культур при збільшенні норми висіву до 5-бмлн.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 см². 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 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 впливає 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. 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 апарата.

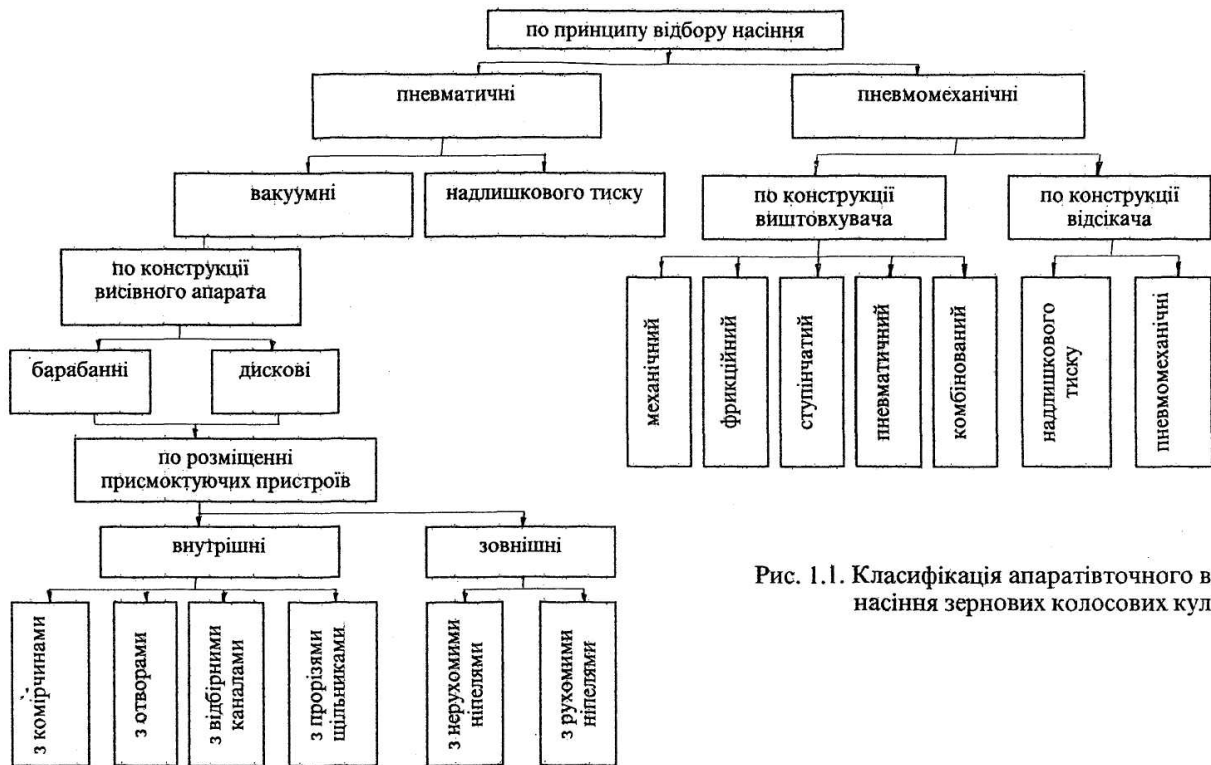


Рис. 1.1. Класифікація апаратів точного висіву насіння зернових колосових культур

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

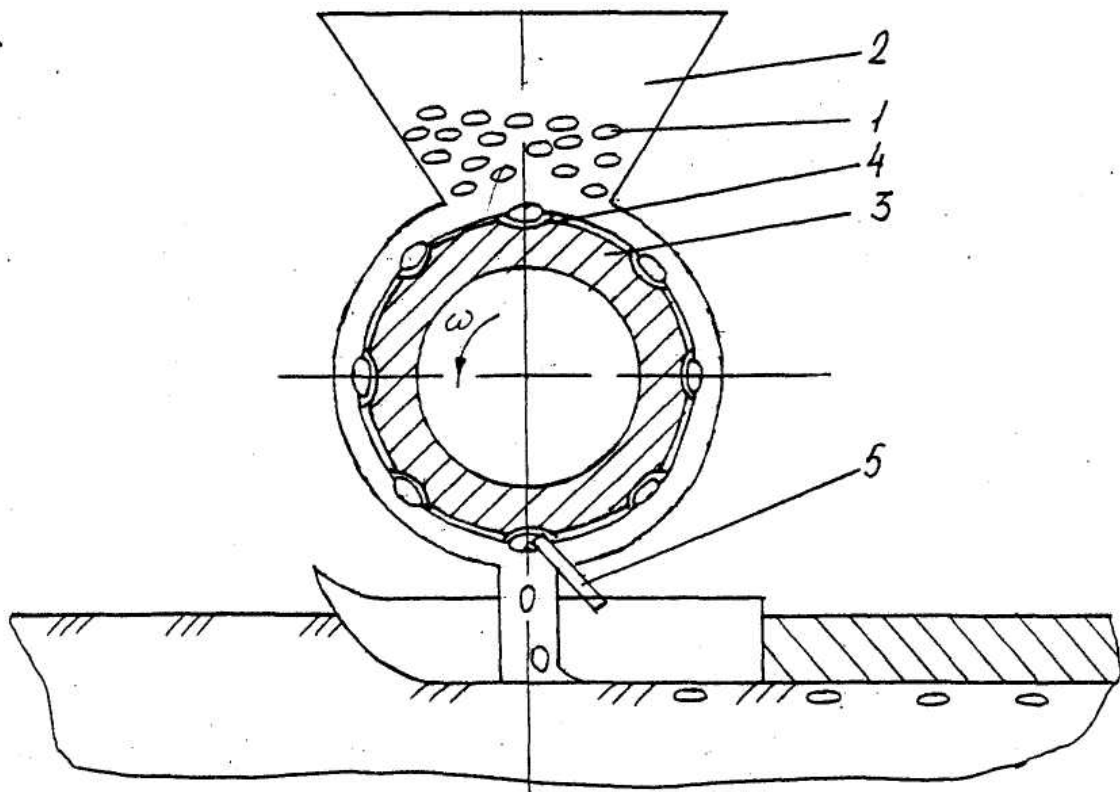


Рис. 1.2. Схема дискового висівного апарата.

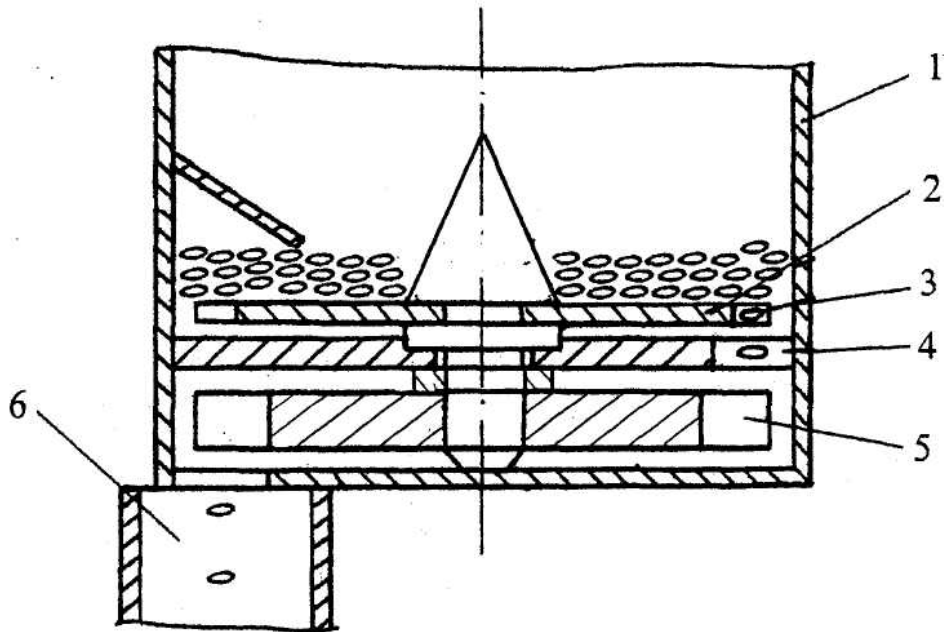


Рис. 1.3. Принципова схема дискового механічного висівного апарата.

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.

Заслугове 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 під дією відцентрової сили і сили тяжіння, насіння з 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 насіннепроводи.

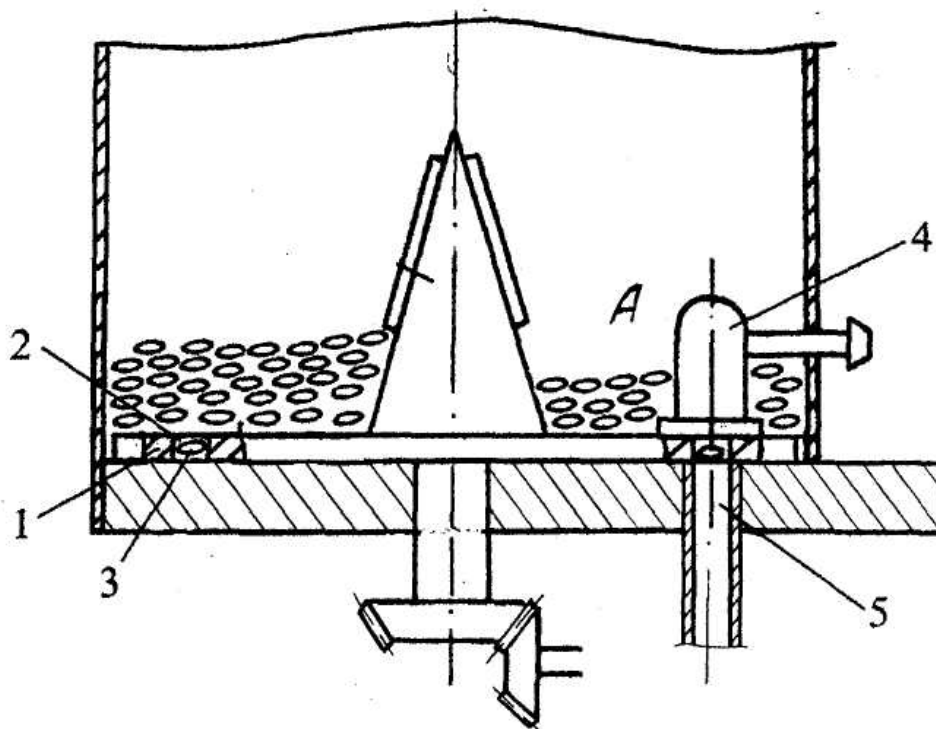


Рис. 1.4. Принципова схема дискового пневмомеханічного апарата.

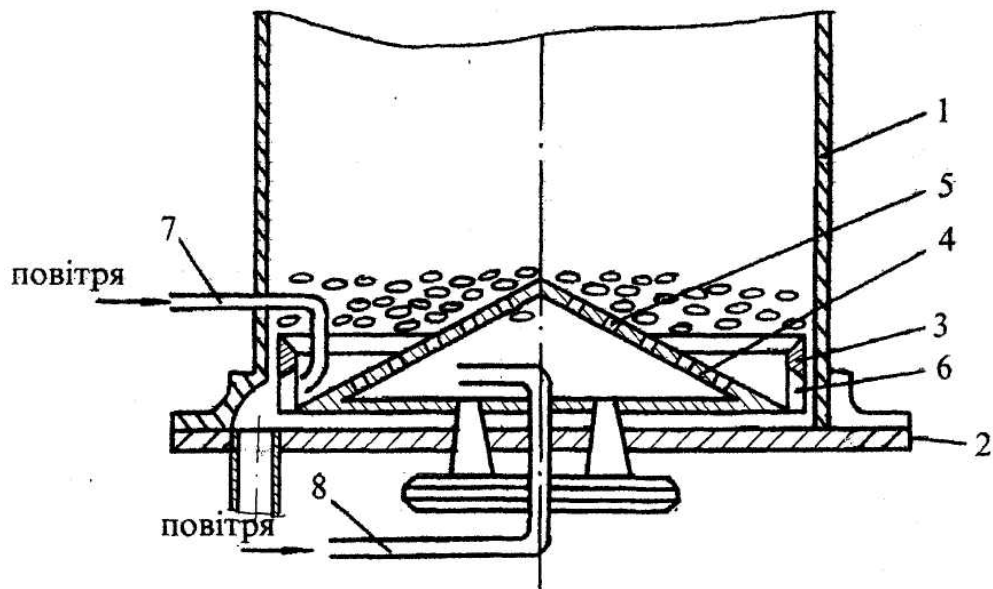


Рис. 1.5. Принципова схема висівного апарата з внутрішнім заповненням.

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. Іванов 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 повітропроводи - 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 насіннепроводами, 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

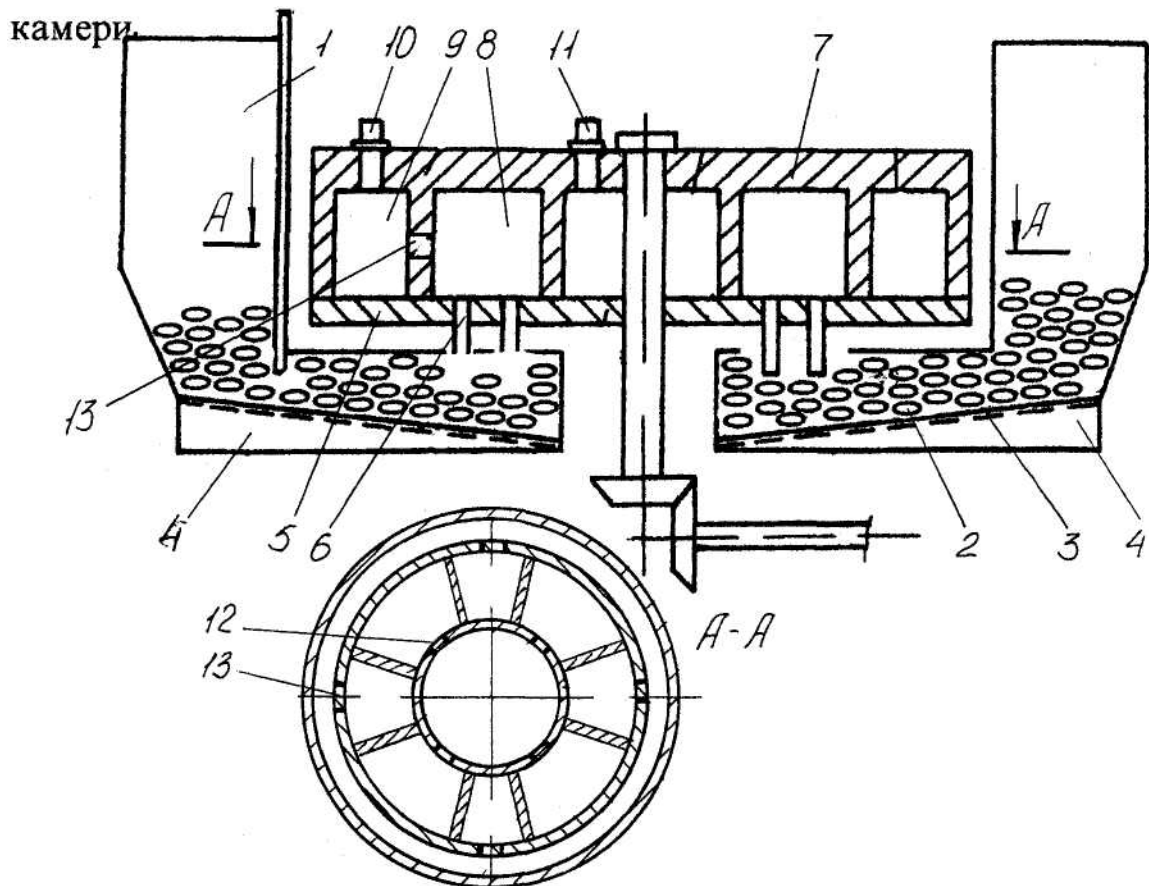


Рис. 1.6. Схема висівного апарата з нерухомими ніпелями.

Заслуговує уваги конструкція висівного апарата [13], схема якого приведена на рис. 1.7. Його конструктивна особливість полягає в тому, що забір насіння здійснюється комірками 1 нарізаними на нижній основі висівного диска 2, вісь якого нахилена до горизонту під кутом 15° - 25° . 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 «Унадрил» (фірма «Шмотцер») (рис. 1.8) застосовуються висівні системи з двох розміщених один над одним нахилених дисків 1 і 2. Верхній диск 1 - висівний, а нижній 2 - виконує функцію активного насіннєпроводу, що усуває основні недоліки висівних апаратів з горизонтальним і нахиленим диском.

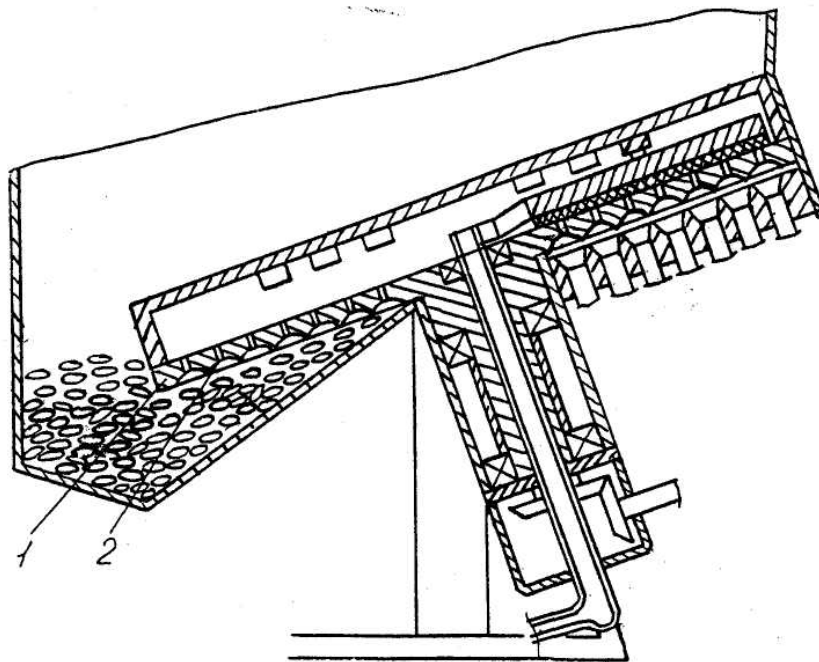


Рис. 1.7. Схема пневмомеханічного висівного апарата.

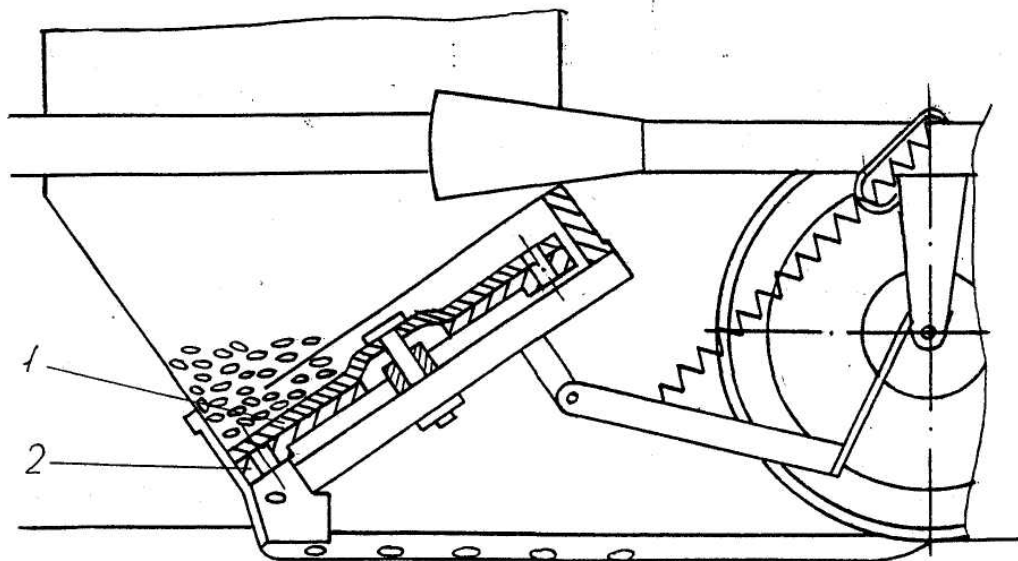


Рис. 1.8. Схема висівного апарата сівалки «Унадрил» фірма «Шмотцер».

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, насіннепроводу 5, розподільчого конуса 6, направлявача 7, комірки 8, повітропроводу 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 повітропроводу 9 і видуває насіння з комірки в насіннепроводі 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.

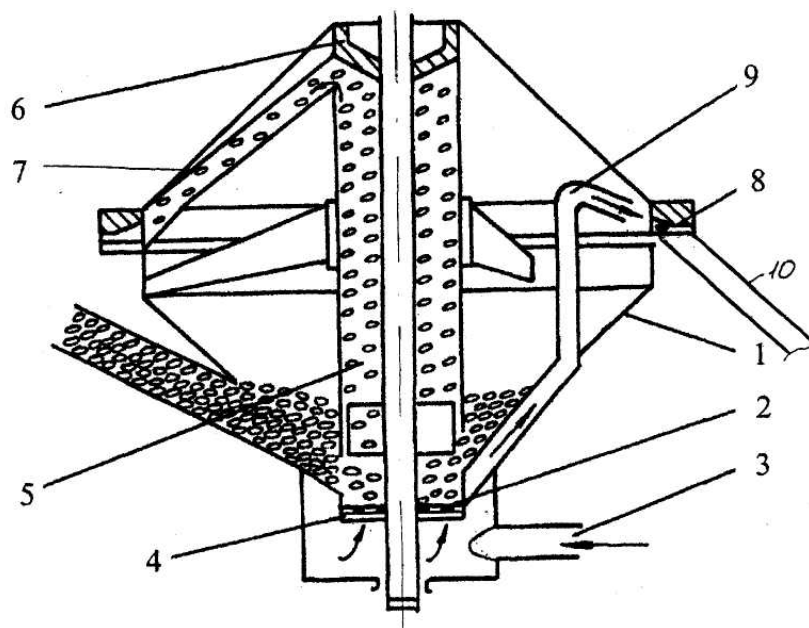


Рис. 1.9. Принципова схема відцентрового висівного апарата.

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 висівний диск 1 з

наскрізними прорізами у вигляді логарифмічної спіралі 2. При цьому з метою збільшення рівномірності висіву продовгуватих 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.

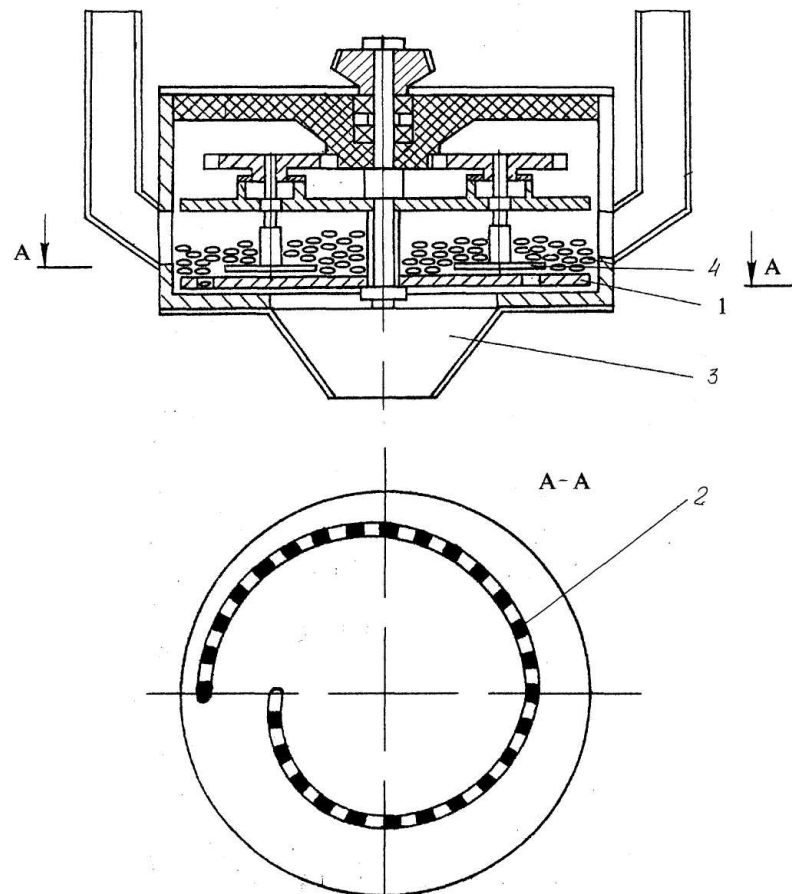


Рис. 1.10. Принципова схема висівного апарата.

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.

На рис. 1.11. зображено висівний апарат захищений авторським свідоцтвом №1253450. 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, насінневловлюючів 7 і відвідних каналів 8.

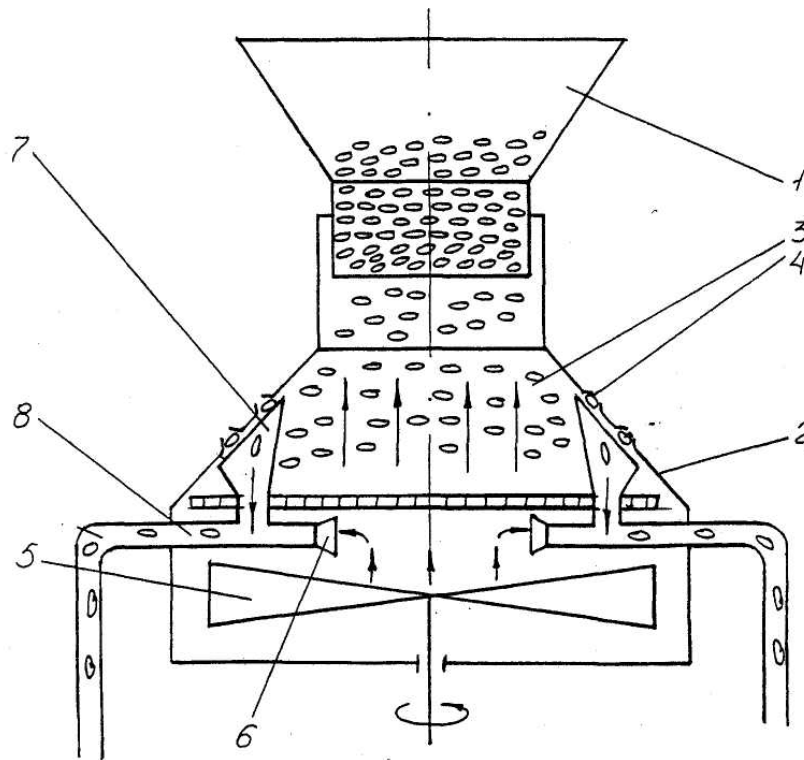


Рис. 1.11. Принципова схема висівного апарата з конічним висівним елементом.

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 у 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 насінини від комірки.

На основі приведенного 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. Кардашевського, Г.М. Бузенкова, В.П. Чичкіна, В.С. Басіна, Л.В. Погорілого [18, 20, 32] 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 насінина утримується біля отвору диска за рахунок повітряного потоку. Згідно даних В.В. Батуріна цей потік обмежується сферою і його швидкість V в осьовому напрямку можна визначити за формулою

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

де q - витрата повітря через присмоктуючий отвір;

π - 3,14;

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

Як зазначає Д.Г. Вальянов, в цьому випадку насінина утримується біля отвору за рахунок присмоктуючої сили F_{np} і для її визначення він запропонував формулу [21]

$$F_{np} = K \cdot \Delta P \cdot f_{омс}, \quad (1.2)$$

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

ΔP - різниця тисків в насіннєвій і вакуумній камерах;

$f_{омс}$ - площа поперечного перерізу каналу.

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

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

$d_{омс}$ - діаметр присмоктуючого каналу;

g - прискорення вільного падіння H - величина розрідження, яке створюється в апараті;

γ_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.

1.4. Висновки до розділу

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.

2. Теоретичні дослідження конструктивно-технологічних параметрів висівного апарату

2.1. Вибір об'єкта досліджень

Для здійснення точного висіву насіння зернових колосових культур велике значення має створення високоефективних 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 застосувати 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. 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. На початку 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 зерновому 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 рисунку 2.1, а.

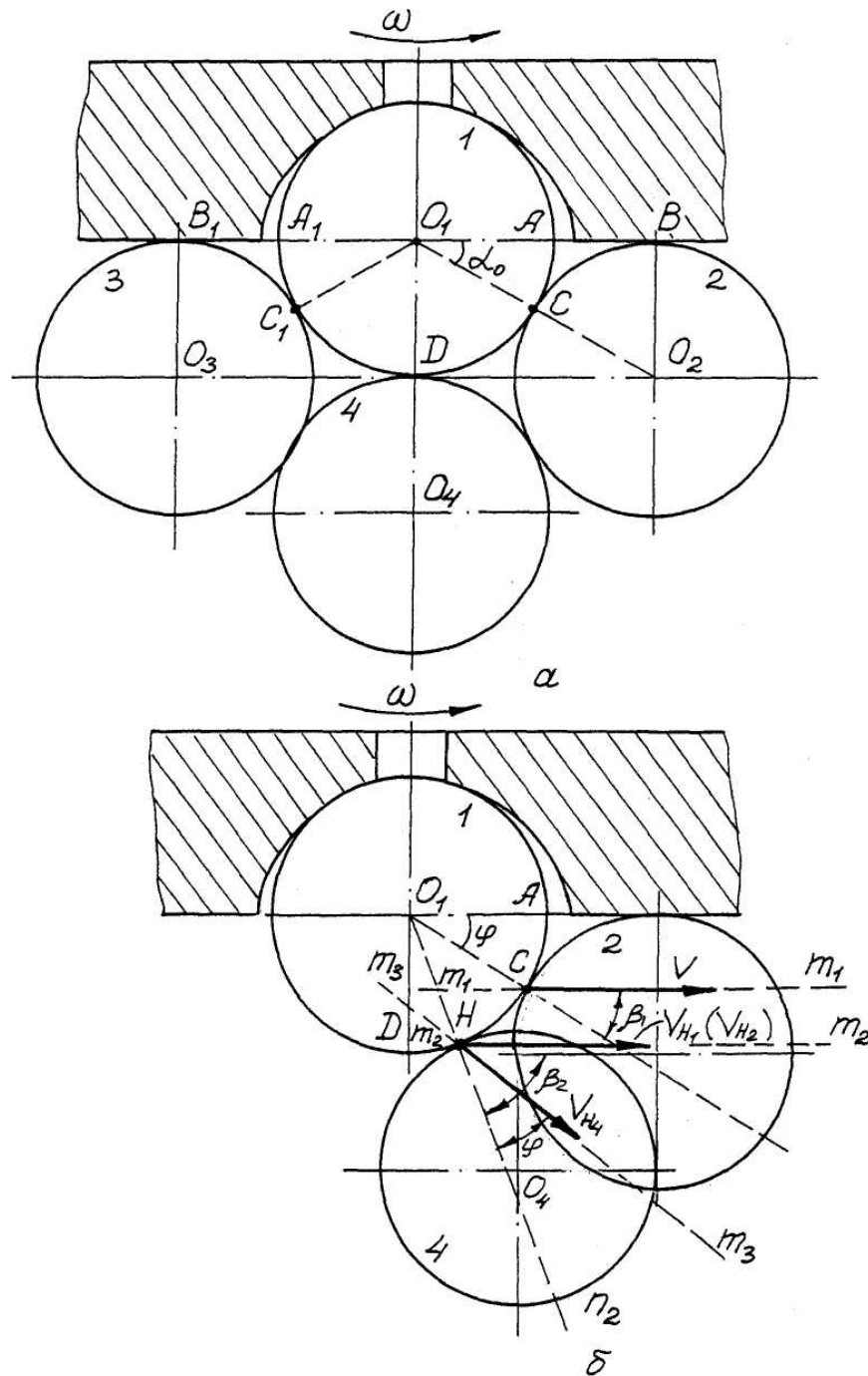


Рис. 2.1. Характер взаємодії між насінням:

а) найбільш вірогідне розміщення насіння біля комірки; б) швидкості точок контакту насіння.

Насінини 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 насінини 2 зі стінкою висівного апарата буквою B , а правий кінець діаметра насінини 1 буквою A . Кривизною стінки висівного апарата нехтуємо. Зі схеми видно, що в зону CAB насіння не може проникнути, отже дуга CA насінини 1 не може зазнавати тиску насінини 2 і насіння бункера. Побудувавши аналогічно на схемі насінину 3 з центром O_3 і розглядаючи так само, бачимо, що і дуга C_1A_1 насінини 1 не може зазнавати тиску зі сторони насінини іншого насіння.

З врахуванням кривизни поверхні висівного елемента кут α_0 буде приблизно рівний 30° . Так як розглянутий процес відбувається в просторі, то частина поверхні насінини 1 обмежена дугою AC , що утвориться при обертанні дуги навколо осі O_1D паралельної BO_2 і B_1O_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° .

При русі комірці разом з насіниною швидкості її точок C і H (рис. 2.1, б), враховуючи незначну величину насінини, будуть направлені перпендикулярно під кутами β і φ до нормалей O_1Cm і O_1Hm , що проходять через точки C і H до поверхні насінини. Дослідженнями [52] встановлено, що якщо кут β між швидкістю точки поверхні круглого тіла (насінини 1) і нормаллю проведеною через цю точку до поверхні тіла, буде не більше кута φ внутрішнього тертя між тілом і дотичним до нього середовищем, то тіло і частинки середовища будуть рухатися в одному напрямку.

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

Цей випадок показано на рис. 2.1, б, в зоні біля точки C $\beta_1\varphi$ точка C насінини в комірці і точка дотичної до неї насінини рухаються в одному

напрямку - по m_1Cm_1 . Насінина в комірці діє на зустрічну насінину як деформатор. Біля точки C насінини 1 і біля точки C насінини 2 швидкість одна і та ж і рівна V . В зоні ж біля точки H $\beta_2 - \varphi$, швидкість точки H насінини в комірці, яку позначимося V_{H1} , направлена по Hm_2 , а точка H дотичної до неї насінини 4 буде рухатися по лінії m_3Hm_3 зі швидкістю Vm , що проведена під кутом φ внутрішнього тертя насіння до нормалі. Отже, напрямок руху зустрічного насіння біля точки H не співпадає з напрямком руху точок насінини в комірці.

З рис. 2.1, б видно, що для точки C кут φ рівний куту CO_1A , а для точки H кут β_2 рівний HO_1A . Найбільша дуга AC , при якій швидкість точки C насінини 1 і швидкість точки C насінини 2 співпадають, буде тоді, коли кут AO_1C (тобто φ) буде рівний куту β_1 . Раніше було встановлено (рис. 2.1, а), що дотик насінин 1 і 2 може бути по цій схемі тільки нижче точки C . 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 φ то швидкості дотичних точок будуть різні і сила тиску насінини 1 на зустрічну насінину буде діяти по лінії m_3Hm_3 , яка відхилена від нормалі O_1Hm на кут φ .

В нашому випадку кут φ згідно експериментальних даних рівний 35° . Це означає, що в точці C (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 m_1Cm_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.

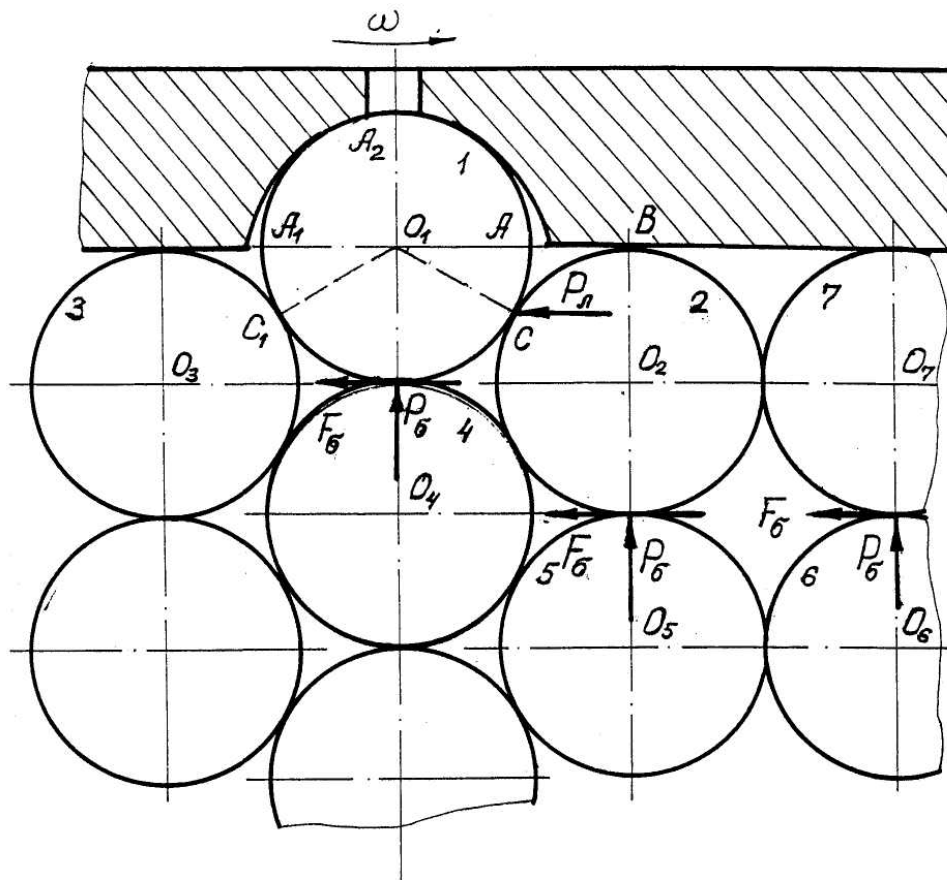


Рис. 2.2. Схема для визначення сил взаємодії між насінням в кінчному висівному апараті.

Як вже зазначалось вище, протилежно напрямку швидкості V точки C насінини 1 діє лобовий опір. Позначимо цей опір індексом P_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 насініну 1 зі сторони насінини 4 діє сила бічного тиску P_6 і сила бічного тертя F_6 . 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.

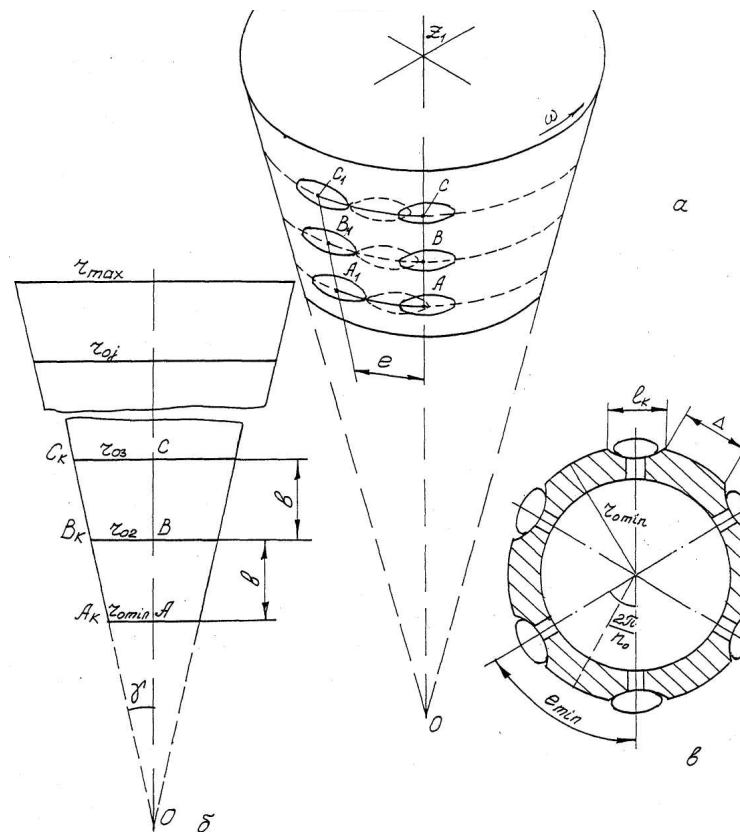


Рис. 2.3. Розміщення комірчин на конічній поверхні висівного елемента.

Апарат знаходиться в бункері і при обертанні навколо вертикальної осі з постійною кутовою швидкістю ω в суцільному зерновому шарі своїми комірками захоплює насіння і виносить 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 n_p 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 кроком e .

За один оберт конуса, який здійснюється за час $t_0=2\pi/\omega$ (тут $\pi=3,14$; ω - кутова швидкість обертання конуса), в одному рядку висівається n_n насінин. За цей час сівалка пройде шлях на якому в одному рядку буде висіяно n_{HS0} насінин (тут n_n - кількість насінин, які повинні бути висіяні в одному рядку на шляху l_m . Добуток n_{HS0} рівний кількості комірок n_0 , тобто:

$$n_0 = \frac{2\pi n_n v_m}{\omega}. \quad (2.1)$$

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_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_l, B, B_l, C, C_l . Відстань AA_l між комірками позначимо через e , l - відстань між краями комірок і приблизно рівна 2 мм. 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_{0min} цього кола, розглянемо схему на рис.2.3 б, на якій показано вид збоку конусної поверхні з кутом конусності γ . 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

$$\frac{r_{02}}{BO} = \frac{r_{0min}}{AO} = \operatorname{tg}\gamma.,$$

при цьому $BO = b + OA$.

Остаточно отримуємо

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

Аналогічно визначається радіус CC_k 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 $j=n_p$. Тоді максимальний діаметр висівного елемента буде рівний:

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

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.

$$e_j = e_{\min} + \frac{b\omega(j-1)tg\gamma}{n_H\nu_M}. \quad (2.7)$$

Кількість насінин n , яка може поміститись між комірками на j -му колі буде рівна

$$n = \frac{e_j - l_k}{l_n}. \quad (2.8)$$

Підставивши відповідні значення в вираз (2.7) на рис. 2.4 побудовано графічну залежність радіуса розміщення комірок r_0 від кута нахилу твірної γ .

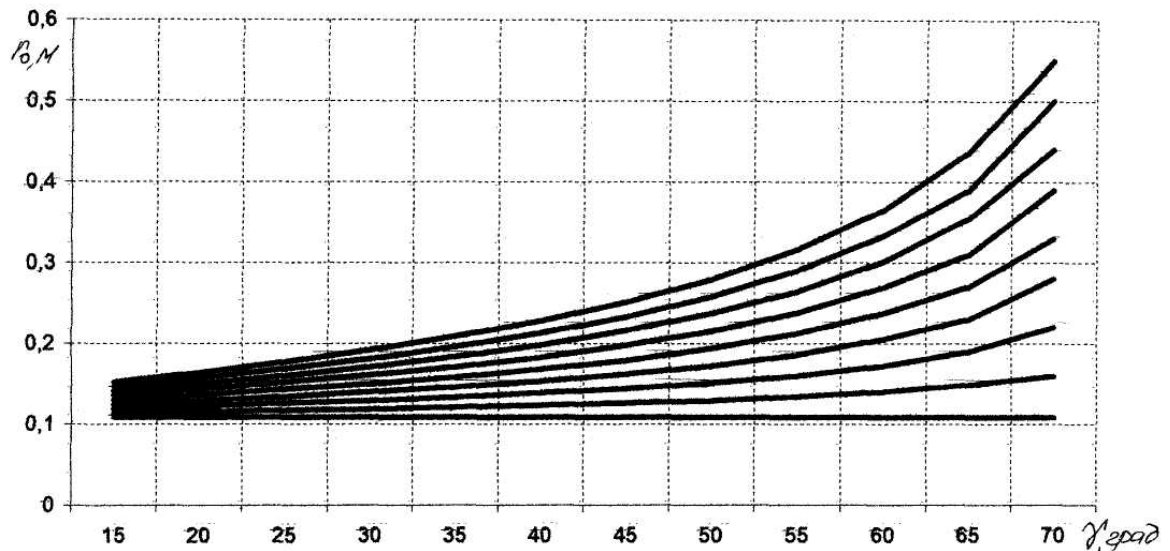


Рис. 2.4 Графічна залежність величини радіуса r_0 кіл, на яких розміщені комірочки від кута нахилу γ твірної конуса висівного елемента.

З приведенного графіка видно, що із збільшенням кута γ радіус кіл на яких розміщено комірочки збільшується і при наближенні кута γ до 90° всі кола розміщуються в одній площині і висівний елемент набуває форми диска, а при зменшенні кута γ до 0° всі кола мають однаковий радіус і висівний елемент набуває вигляду циліндра розміщеного на вертикальній осі.

2.4. Визначення сили присмокування насінини до комірочки висівного елемента

Силу присмокування насінини до комірочки 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 конічного висівного елемента, звернемося до рис. 2.5. а, на якому показано переріз насінини в комірці в площині направлений перпендикулярно до поздовжньої її осі, а на (рис. 2.5, б) поздовжній розріз насінини і комірочки в площині A_1A . Поперечний переріз насінини зображений у вигляді кола, а поздовжній показаний як еліпс. На схемах проведена система координат xO_1uz

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 по твірній конуса в напрямку протилежному осі обертання висівного елемента.

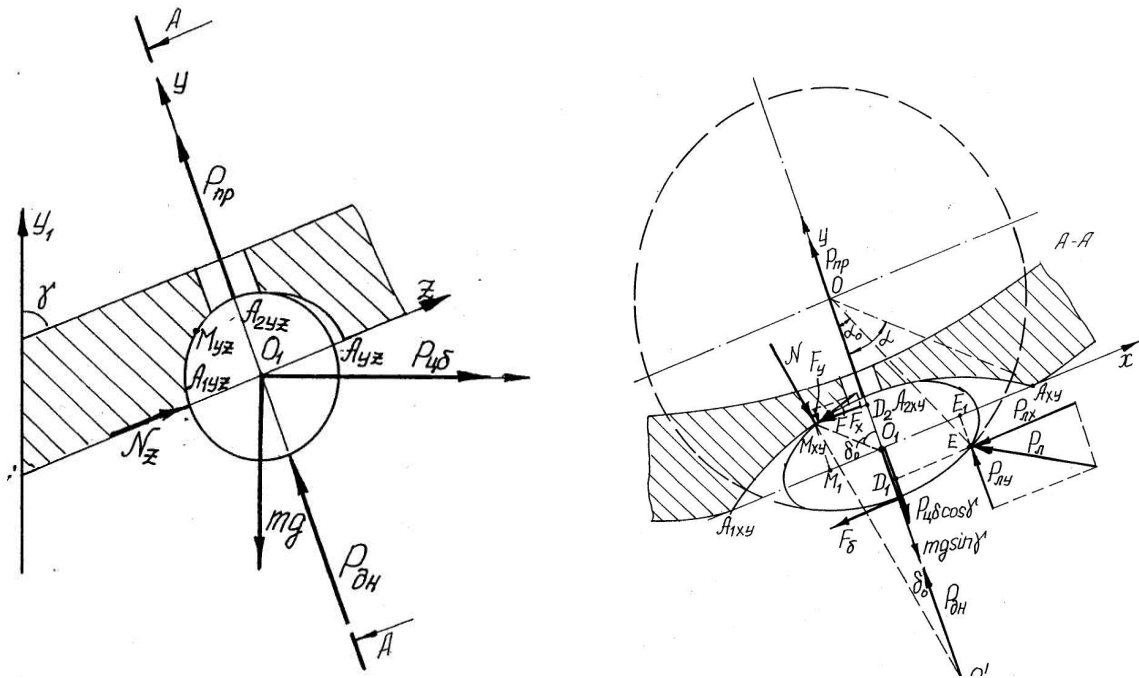


Рис. 2.5. Умова рівноваги насінини.

На насініну рис. 2.5 б, яка знаходиться в комірці, діють наступні сили: сила лобового опору $P_л$, сила бічного тиску $P_б$, сила тертя $F_б$ між насініною в комірці і насінням в бункері, сила тяжіння mg , відцентрова сила інерції $P_{вц}$ присмоктуюча сила $P_{пр}$ і сила N реакції з боку комірки на насініну. Сила бічного тиску $P_б$ (з боку зернового шару в бункері) діє на насініну 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 $\sigma_{дн}$, з таким же тиском $\sigma_{дн}$ днище тисне на зерновий шар в бункері, створюючи при цьому бічний тиск зі сторони бункера на насініну в комірці. Але так як висівний елемент обертається, то відцентрова сила $P_{вц}$ в деякій мірі відкидає

насіння, яке знаходиться в бункері від насінини в комірці, тим самим зменшуючи силу бічного тиску P_{δ} . При цьому сила тяжіння також зменшує тиск на насінину в комірці зі сторони насіння бункера. Отже, з врахуванням цього можна визначити силу $P_{\delta n}$ з якою насіння бункера буде тиснути на насінину в комірці:

$$P_{\delta n} = \pi b a k_{\delta} \rho g h (\cos^2 \gamma + m \sin^2 \gamma) n_1. \quad (2.9)$$

$$P_{\delta} = \pi b a k_{\delta} \rho g h (\cos^2 \gamma + m \sin^2 \gamma) n_1 - m \omega^2 r_{0j} \cos \gamma - mg \sin \gamma. \quad (2.10)$$

Отже, сила бічного тиску рівна.

Сила лобового опору P_L для комірок розміщених на j -му колі визначається з врахуванням відповідних виразів за формулою:

$$P_L = \left[\pi b a k_{\delta} \rho g h (\cos^2 \gamma + m \sin^2 \gamma) - m \omega^2 r_{0j} \cos \gamma - mg \sin \gamma \right] \left[1 + f \left(\frac{e_j - l_k}{l_n} \right) \right], \quad (2.11)$$

де j - номер кола центрів комірок.

Відцентрова сила інерції P_L рівна $m \omega^2 r_{0j}$ і так як висівний елемент конічної форми, то її величина залежить від зміни радіуса обертання комірок. Із збільшенням радіуса кола відцентрова сила $P_{вц}$ збільшується.

Присмоктуюча сила P_L направлена по осі Oiy (рис. 2.5, а), яка проходить по напрямку осі присмоктуючого каналу комірки. Сила F_e рівна P_{δ} . Сила тертя F_e насінини 3 відносно насінини 1 рівна $f N s i$ тобто P_{δ} .

Отже, сила тертя буде рівною:

$$F_{\delta} = f (P_{\delta n} - mg \sin \gamma - P_{вц} \cos \gamma). \quad (2.12)$$

Всі названі сили показані на схемі приведеній на рис. 2.5 а і б; на цій же схемі показана і присмоктуюча сила V . Внаслідок дії сил P_L , $P_{\delta n}$, $P_{вц}$, F_e і P_{np} насінина в комірці опиниться притиснутою до неї в якій-небудь точці, яку позначимо через M , проєкції цієї точки показані на рис. 2.5 M_{xy} і M_n . На рис. 2.5 крайня ліва точка A_1 позначена проєкціями A_{1x} і A_{1y} крайня права точка A позначена проєкціями A_{xy} і A_{y2} і верхня точка A_2 позначена проєкціями A_{2x} і A_{2y} . Точка M не повинна бути в зонах біля точок A_{1x} і A_{1y} (рис. 2.5, а і б),

інакше насінина буде виштовхнута з комірки. Найбільш бажано, щоб точка M притискання насінини до комірки була в верхній частині півкола $A_{1yz}A_2yzA_{yz}$ (рис.2.5а) і ближче до точки Az або в верхній частині півкола $A_{1xy}A_2xyA$ ближче до точки A (рис. 2.5, б), тоді насінина буде надійно утримуватись в комірці під час її транспортування. Але точка A_1 не може співпадати з точкою M , оскільки під дією сили $P_{л}$, $F_{б}$, складової сили тяжіння mg і відцентрової сили інерції $P_{ц}$ точка M зміститься в сторону точки A_1 . При цьому присмоктуюча сила $P_{пр}$ прагне притиснути насінину до присмоктуючого отвору, тобто наблизити до точки A_2 .

Отже, точка M може знаходитися на дузі A_1A_2 на відстані A_1M , що відповідає якомусь центральному куту. Найбільш бажані значення кута, знаходяться в межах $0^\circ \dots 25^\circ$ через те, що в цій зоні точка M максимально наближається до точки A_2 , хоча цей кут може бути і в межах до 60 [85].

В точці M притискання насінини до комірки зі сторони комірки на насінину діє сила реакції N , яка може бути направлена по нормалі до дуги A_2A_1 або не по нормалі. Якщо вона направлена не по нормалі, те це означає, що на дузі під дією сил $P_{л}$ і F_e діють сили тертя, які протидіють повертанню насінини в комірці.

Всі сили, окрім сили реакції N і присмоктуючої сила P_m вважаються відомими по величині і за напрямком. Сила P відома за напрямком (по прямій BO_1A_2 а силу реакції представимо складеною з нормальної сили N і елементарних сил тертя, що діють по дузі A_2A_1 , які замінимо силою F . Сили N і F є зосередженими, оскільки розміри насінини менші від розмірів комірки. Нормальна сила N прикладена в точці M , сила тертя F , направлена в сторону дії елементарних сили тертя і прикладена в точці M перпендикулярно N . В загальному випадку силу N можна представити у вигляді складових, які діють в площинах проєкцій. На рис. 2.5 а і б показано силу N на координатних площинах yO_1z і xO_1y і позначено складові цієї сили N_{yz} і N_m які діють під кутами $A_{1yz}O_1M_{yz}$ і $A_{1xy}O_1M_{xy}$ до осі y . З'ясуємо тепер, які з цих складових ввійдуть в розрахункові формули.

З аналізу напрямку дії сил (рис. 2.5 а), що діють на насінину видно, що насінина в комірці може повернутися лише навколо осі Oiz під дією моментів сили P_n і F_e (рис. 2.5 б). Ці сили діють в площині $xOiy$. Отже, сила тертя F , яка направлена перпендикулярно силі N і створює момент опору повороту насіння, також повинна діяти в площині $xOiy$ і позначена проекціями (тобто

$z \sim 0$) або в паралельній їй площині. Але якщо F буде діяти в площині паралельній площині $xOiy$, то вона повинна створити момент відносно осі Oiy . Це можливо, якщо на насінину діють сили, які не проходять через вісь Oiy і можуть створити моменти відносно цієї осі. Але таких сил немає, отже сила F діє в площині $xOiy$, точка M знаходиться в цій площині, а кут $Ayz \theta i M_n$ повинен бути рівним 0 (рис. 2.5 а). Це означає, що і сила N діє в площині $xOiy$, яка відхилена від осі y на кут θ направлена в протилежну сторону напрямку цієї осі. Зважаючи на це рис. 2.5 а, сила N_{yz} прикладена в точці M_n є рівною нулю.

Якщо спроектувати діючі сили на вісь z , то в залежності від величини проєкцій сил mg і P_{uz} на вісь z насінина може бути притиснутою до стінки комірки біля точки A_i або точки A . Позначимо їх через N_z . Якщо проєкція сили тяжіння mg на вісь z більша, ніж проєкція на вісь z відцентрової сили інерції, то сила N_z буде діяти в точці $A_{j_{yz}}$ і направлена по осі O_n , якщо ж проєкція сили тяжіння mg на вісь z менша, ніж проєкція відцентрової сили інерції на вісь y , то сила N_z діє в точці A_{yz} і направлена по осі Oiz в протилежну сторону. Співвідношення сил mg і P_{uz} буде залежати від радіуса обертання комірки, тому що із збільшенням радіуса відцентрова сила інерції P_{uz} збільшується, і тоді можливе притискання насінини до комірки в точці A_{yz} .

Застосовуючи принцип Даламбера, і розглядаючи насінину як тверде тіло, 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 y .

Для розв'язання рівняння моментів (2.16) необхідно знайти плечі прикладання сил P_x і F - a_1 , v_1 , c_1 . З трикутника OD_1E (рис. 2.5, б) визначимо катет D_1E , який рівний плечу a_1 . Так як $\frac{D_1E}{OE} = \sin \alpha_0$, де $OE = r$, то

$$D_1E = a_1 = r \sin \alpha_0. \quad (2.17)$$

Визначимо плече v_1 . Для цього розглянемо трикутники OO_1A_{xy} і OD_1E .

З трикутника OO_1A_{xy} знаходимо сторону OO_1 , рівну $0.5l_k \operatorname{ctg} \alpha$, (де l_k - довжина комірки). З трикутника OD_1E знаходимо сторону OD_1 , рівну $r \cos \alpha_0$.

Різниця між сторонами OD_1 і OO_1 складає плече v_1 :

$$v_1 = 0.5l_k \operatorname{ctg} \alpha - r \cos \alpha_0, \quad (2.18)$$

де r - радіус уявного кола.

Для визначення плеча c_1 розглянемо трикутник $M_{xy}D_2O_1^1$, з якого знаходимо $O_1^1D_2 = r \cos \delta_0$. Знаходимо радіус r кривизни поверхні насінини, знайдемо довжину $A_{2,xy}D_2$: $A_{2,xy}D_2 = A_{2,xy}O_1^1 - D_2O_1^1 = r(1 - \cos \delta_0)$.

Оскільки ширина насінини, що рівна a , то можна знайти сторону D_2O_1

рівну c_1 : $D_2O_1 = A_{2,xy}D_2 - O_1D_2 = a - \frac{a}{2} - r(1 - \cos \delta_0) = c_1$ або

$$c_1 = \frac{a}{2} - r(1 - \cos \delta_0)$$

Підставивши замість a_1 , v_1 , c_1 їх значення (2.17), (2.18), (2.19) в (2.20) отримаємо рівняння моментів відносно точки O_1 .

З (2.15) знаходимо, що

$$N_z = mg \cos \gamma - P_{\sigma} \sin \gamma. \quad (2.22)$$

А з рівняння (2.13) знаходимо значення

$$N = \frac{1}{\sin \delta_0} [P_x \sin(\alpha + \varphi) + F_{\sigma} + F \cos \delta_0].$$

Вирази (2.23) і (2.24) підставимо в (2.14) і після його розв'язку отримаємо значення сили присмокування

Визначена за формулою (2.26) сила P є тією силою, яка повинна забезпечити присмокування насінин при заданому куті 5° . Аналіз отриманої

залежності (2.26) і рис. 2.5, показує, що із зменшенням кута сила збільшується. Окрім цього, необхідне значення сили P_w збільшується з зростанням кутової швидкості ω 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 присмокткування 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 присмокткування, із збільшенням маси m насіння, кутової швидкості ω обертання висівного елемента, його радіуса r_0 і висоти h зернового шару насіння в бункері також збільшується. Тому при визначенні теоретичного значення сили присмокткування в вираз (2.26) необхідно підставляти їх максимальні значення. Розрахунки показують, що максимальне значення сили присмокткування становить 0,06117, яке досягається при $U = 0,008\text{м}$, $a = 0,0032\text{м}$, $m = 0,33$, $\rho = 810 \text{ кг/м}^3$, $m = 0,00042 \text{ кг}$.

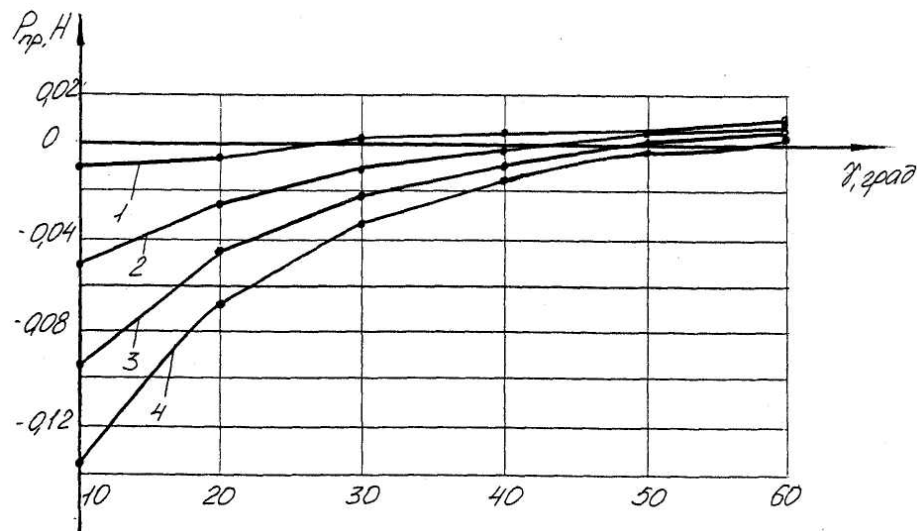


Рис. 2.6. Графічна залежність сили присмокткування $P_{гр}$ від кута γ нахилу твірної конічного висівного елемента при змінній висоті H зернового шару в бункері і кутовій швидкості $\omega = 3 \text{ рад/с}$ обертання висівного елемента де:

1 - $A_1-0,1$ м; 2 - $A_2-0,2$ м; 3 - $A-0,3$ м; 4 - $A-0,4$ м.

За результатами розрахунків, на рис. 2.6, рис. 2.7, рис. 2.8 побудовано графічну залежність присмоктуючої сили від кута нахилу твірної висівного елемента при різній висоті H зернового шару в бункері, а також при різній кутовій швидкості ω обертання висівного елемента.

Аналіз отриманих графіків 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 $A = 0,1$ 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 присмокткування необхідно збільшити майже в 3...5 разів. Таким чином, для надійної роботи висівного апарата необхідно створювати в комірці присмоктуючу силу в межах $0,06 H$.

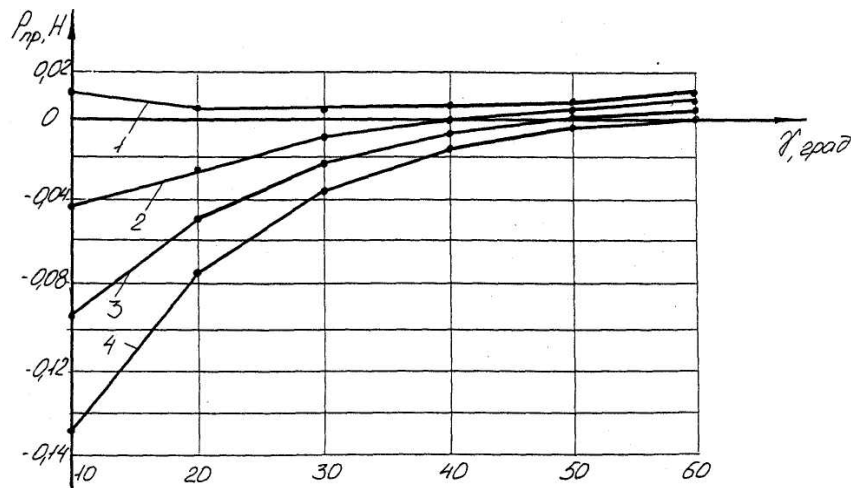


Рис. 2.7. Графічна залежність сили присмокткування $P_{пр}$ від кута γ нахилу твірної конічного висівного елемента при змінній висоті H зернового шару в бункері і кутовій швидкості $\omega = 4$ рад/с обертання висівного елемента де:

1 - $A_1=0,1$ м; 2 - $A_2=0,2$ м; 3 - $A=0,3$ м; 4 - $A=0,4$ м.

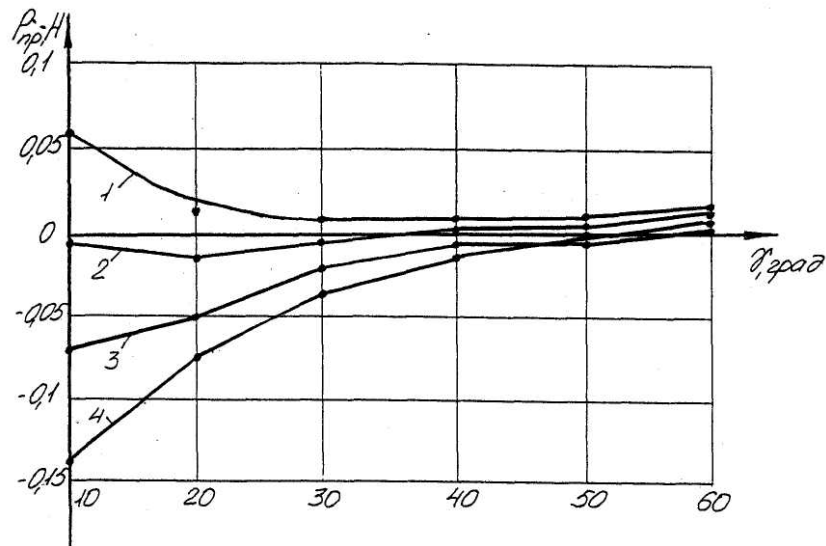


Рис. 2.8. Графічна залежність сили присмоктування $P_{пр}$ від кута у нахилу твірної конічного висівного елемента при змінній висоті H зернового шару в бункері і кутовій швидкості $\omega = 5$ рад/с обертання висівного елемента де:

1 - $A_1-0,1$ м; 2 - $A_2-0,2$ м; 3 - $A-0,3$ м; 4 - $A-0,4$ м.

2.5. Обґрунтування технологічно-конструктивної схеми пневматичного висівного апарата

Принципову схему розробленого висівного апарата приведено на рис. 2.10.

Він складається з бункера 1 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 комірки 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 t редуктора - 9 приводу висівного елемента 2. Через осьовий канал цапфи 6 проходить вісь патрубков 10, нижній кінець якого закріплений в корпусі редуктора 9 і з'єднаний з джерелом вакууму (не показане), а верхній - в підшипнику 11. На верхньому кінці патрубка 10 за допомогою кронштейна 12 закріплено відсікач вакууму виконаний, наприклад, у вигляді променерозхідних пластин 13, які притискаються 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 насіннєвловлювачів 14 з насіннепроводами 15. З метою запобігання інтенсивному стиранню поверхні висівного елемента 2, він зверху прикритий кожухом 16.

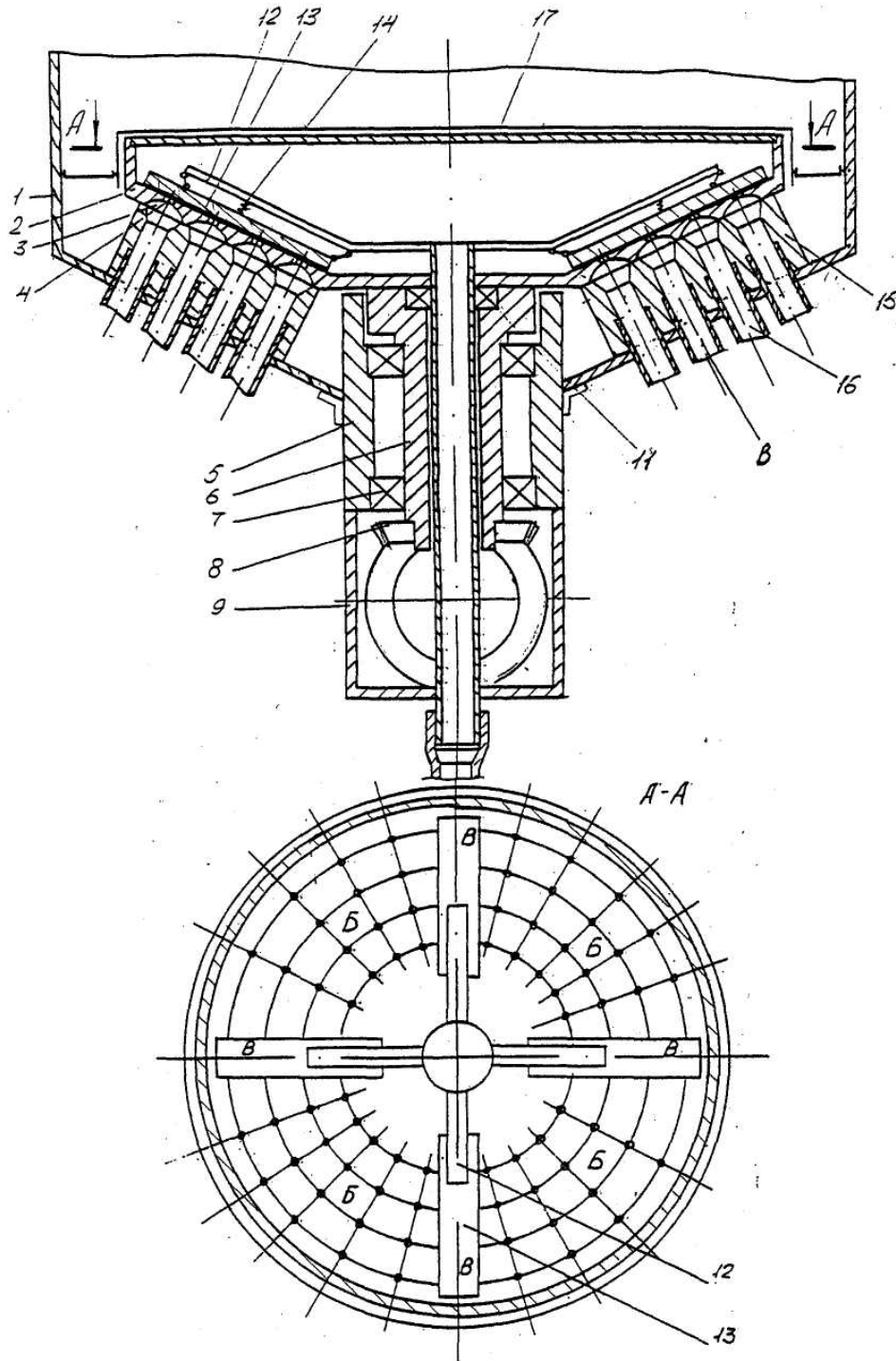


Рис. 2.10. Принципова схема пневматичного висівного апарату.

Висівний елемент працює таким чином. Насіння самопливом поступає з бункера 1, фіг. І, 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 присмоктовуючі 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 висівних 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.

2.6. Висновки до розділу

На підставі проведених теоретичних досліджень можна зробити такі висновки:

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

2. 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 присмоктуючої сили. Із збільшенням кутової швидкості до 5...6 рад/с різко зростає відцентрова сила, яка відриває насінину від комірки і для забезпечення надійного однозернового висіву сила присмоктування повинна становити не менше 0,06Н.

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 кінчним 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 кінчного 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 АСТРА-6 і визначити якість рівномірності розподілу насіння по площі поля та вплив глибини загорання насіння на польову схожість рослин.

3.2. Методика проведення лабораторних дослідів

Лабораторні та лабораторні дослідження виконувались у 2021 році на базі Дніпропетровського державного аграрного університету та базового господарства.

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

Вологість визначалась у відповідності з стандартною методикою [62]. 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 у та показник середньої рівномірності розміщення насіння по площі поля. Методику визначення рівномірності розподілу насіння в польових умовах приведено нижче.

Досліди проводились в трикратній повторності. Результати дослідів оброблялись за методами математичної статистики [39, 47, 61, 62].

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, 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 конусну поверхню глини насипається один шар насіння 8. Сам конус покритий тонким шаром глини.

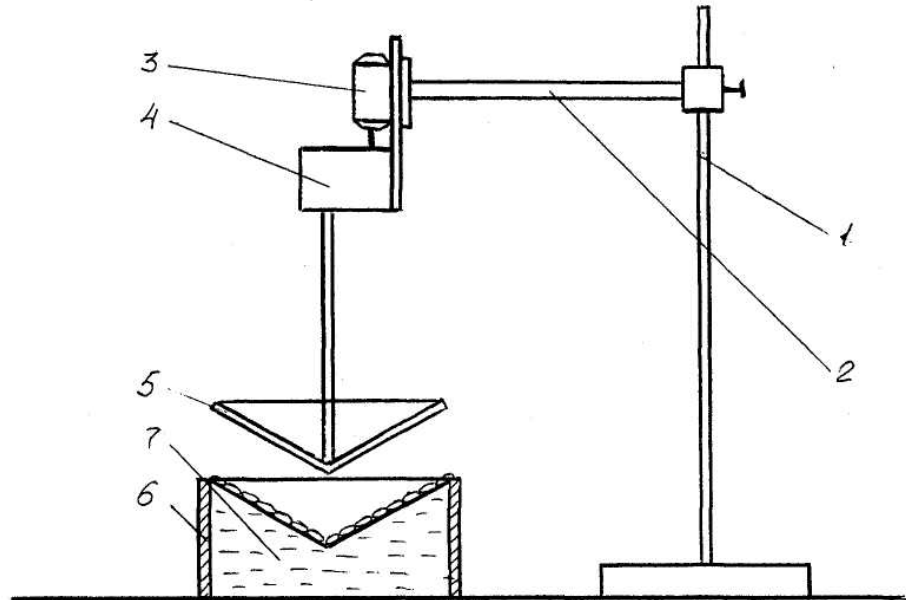


Рис. 3.1. Схема лабораторної установки для визначення напрямку переміщення насіння при обертанні висівного елемента.

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 комірчин, мінімально-допустиму висоту h_1 шару насіння в бункері та висоту забірної камери, рівномірність r_j висіву насіння по площі

біжучого поля в залежності від глибини розрідження всередині висівного елемента та частоти його обертання m , а також висоту l_3 піднімання насіннепровода над дном боріздки 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 комірочки 3 з присмоктувальними каналами 4.

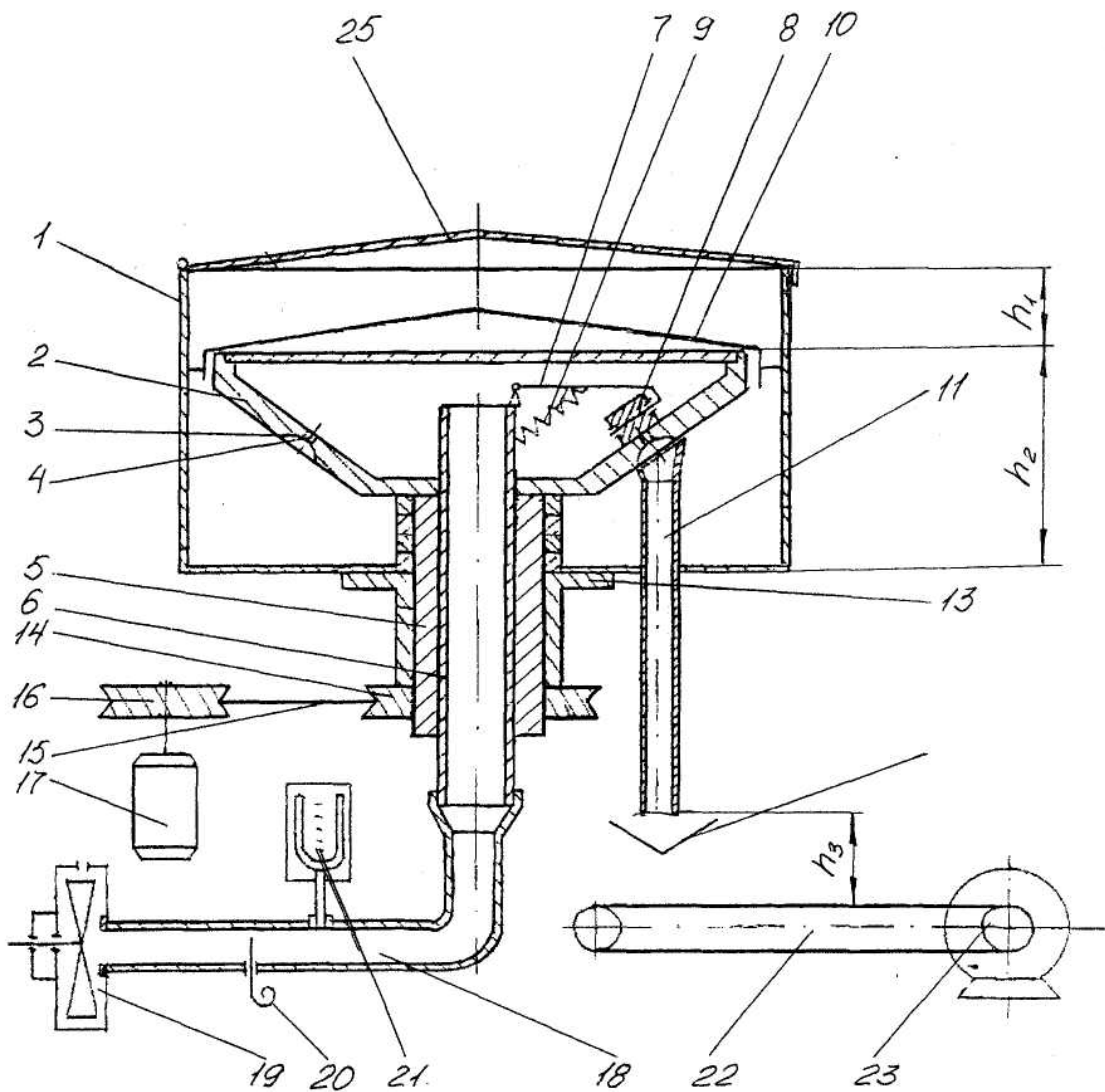


Рис. 3.2. Схема лабораторної установки для визначення конструктивно-технологічних параметрів висівного апарата.

Нижня основа висівного елемента з'єднана з цапфою 5 через осьовий канал якої проходить вакуумна труба 6 на якій шарнірно закріплено коромисло 7 з роликом-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. Цапфа 5 проходить через стакан-підп'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 26 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 виноситься 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 кінцевого висівного елемента до горизонту встановлювали шляхом висіву насіння висівним елементом (рис. 3.4), твірна якого змінювалась від 5° до 45° з кроком 5° .

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 (заліплювали глиною і просушували). При дослідженні іншої форми комірки, глину з неї виймали, а попередню заліплювали.

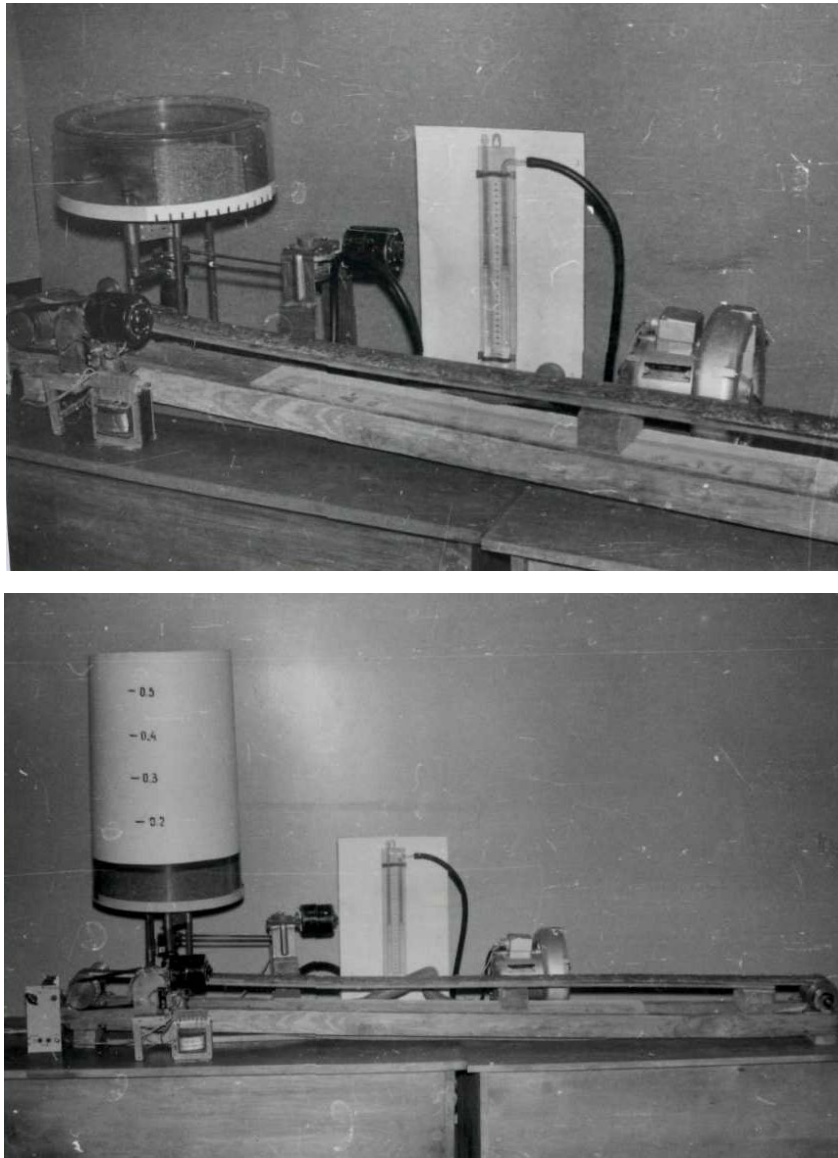


Рис. 3.3. Лабораторна установка для визначення конструктивно-технологічних параметрів висівного апарата.



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 опорою бункера по чергово знімали регульовальні шайби. Мінімально-допустиму висоту h_i опускання зернового шару насіння в бункері відносно крайнього верхнього ряду комірок визначали шляхом пробного висіву. Для цього в бункер по чергово досипали насіння кожен раз збільшуючи висоту зернового шару на 1 см. Перший дослід проводили при заповненні бункера насінням до крайнього верхнього ряду комірок. Висоту l_3 встановлення насіннепроводу над дном борізки визначали шляхом піднімання насіннепроводу над біжучим полем під час висіву насіння.

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

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

Максимально-допустиму частоту m 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 досліджуваній 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.

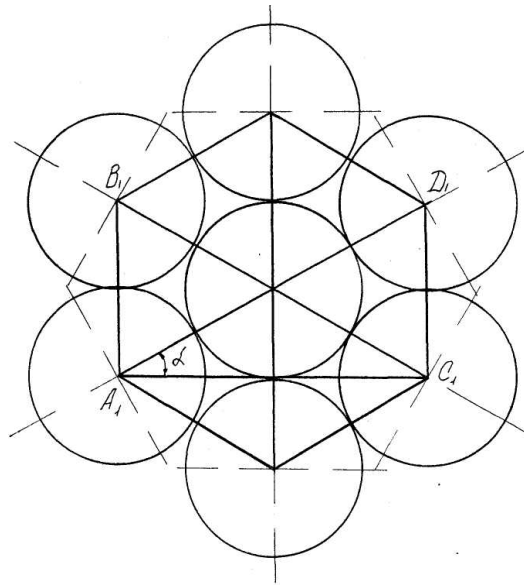


Рис. 3.5. Схема розміщення насіння по площі поля при точному висіві насіння зернових колосових культур.

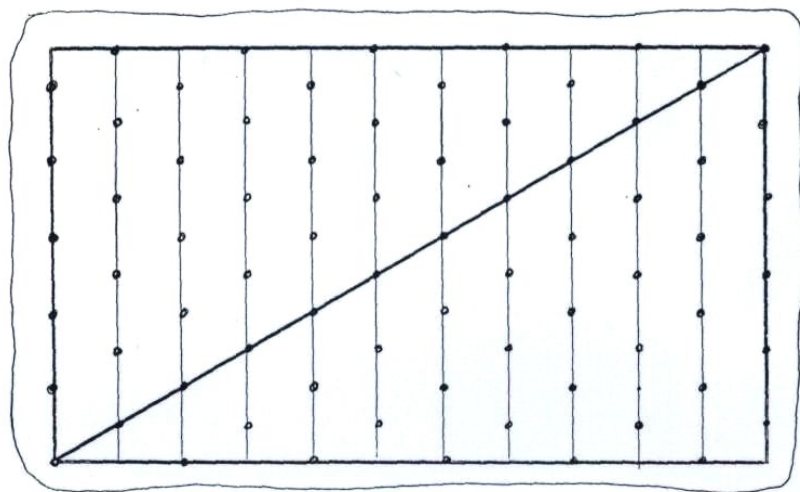


Рис. 3.6. Схема для визначення рівномірності розподілу насіння по площі поля за допомогою рамки з прозорою плівкою.

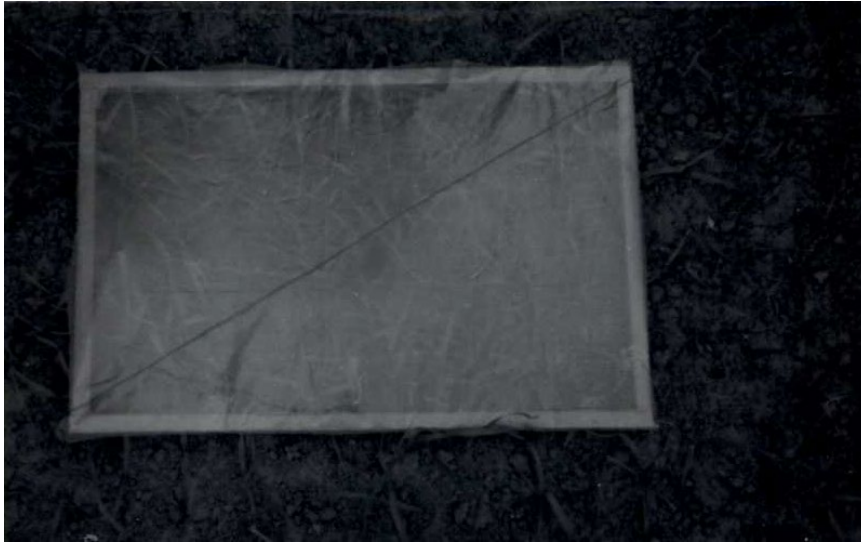


Рис. 3.7. Загальний вигляд розміщення рослин на полі.

Згідно розрахунків, діагональ AD нахилена під кутом 30° до лінії AC .

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 до нижньої основи нанесено червону лінію. При ідеальному шахматному розміщенні насіння по площі поля рослини повинні розміщуватись вздовж лінії AD .

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 ламаної лінії з точністю до 1 мм, де l_1 - довжина лінії при ідеальному розміщенні рослин (насіння), l_2 - довжина лінії при фактичному розміщенні рослин (насіння).

Рівномірність розміщення насіння по площі поля визначали за формулою:

$$\eta = \frac{l_1}{l_2} 100\%.$$

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

3.4. Методика визначення впливу глибини загортання насіння на польову схожість рослин

Вплив глибини загортання насіння визначали шляхом пробного висіву насіння зернових колосових культур на різну глибину, яка змінювалась в межах від 1см до 5см з інтервалом в 0,5см. Висівали по 100 насінин на квадратних ділянках зі сторонами 50х50см при ширині міжрядь 5см і відстані між насінням в рядку 5см 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 була 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 АСТРА-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 АСТРА-6 становила 7км/год, швидкість руху сівалки точного висіву становила 4-5км/год.

Глибина загортання насіння в обох варіантах становила 3см.

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).

Досліджуваним матеріалом було насіння озимої пшениці «Миронівська 61», жита «Добриня», ячменю «Роланд».

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

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 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 5рад/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.

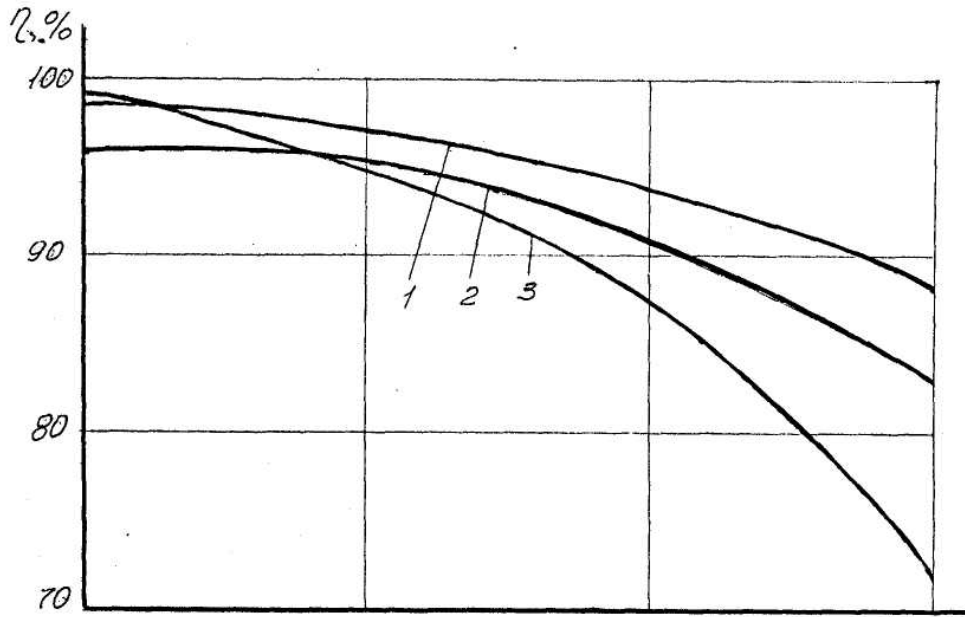


Рис. 4.1. Графічна залежність рівномірності висіву насіння пшениці від кутової швидкості ω обертання висівного елемента для еліпсоїдної комірки з розміщенням її поздовжньої осі з напрямком обертання:

1 - пшениця, 2 - жито, 3 - ячмінь.

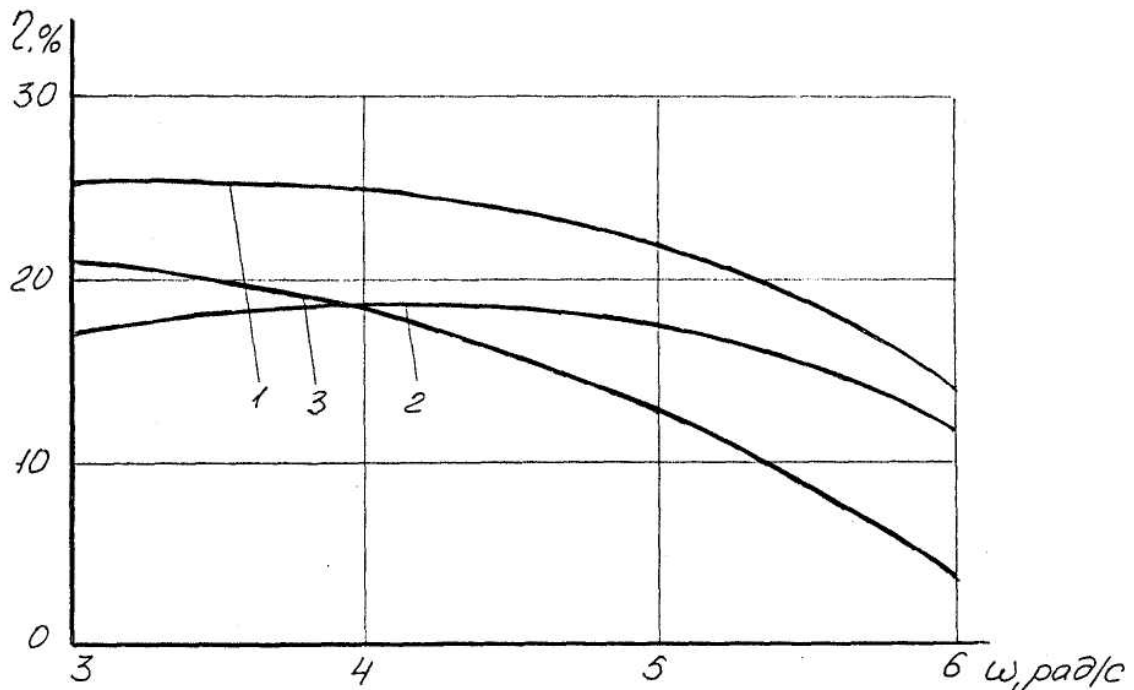


Рис. 4.2. Графічна залежність рівномірності висіву насіння пшениці від кутової швидкості ω обертання висівного елемента для еліпсоїдної комірки з розміщенням її поздовжньої осі перпендикулярно до напрямку обертання:

1 - пшениця, 2 - жито, 3 - ячмінь.

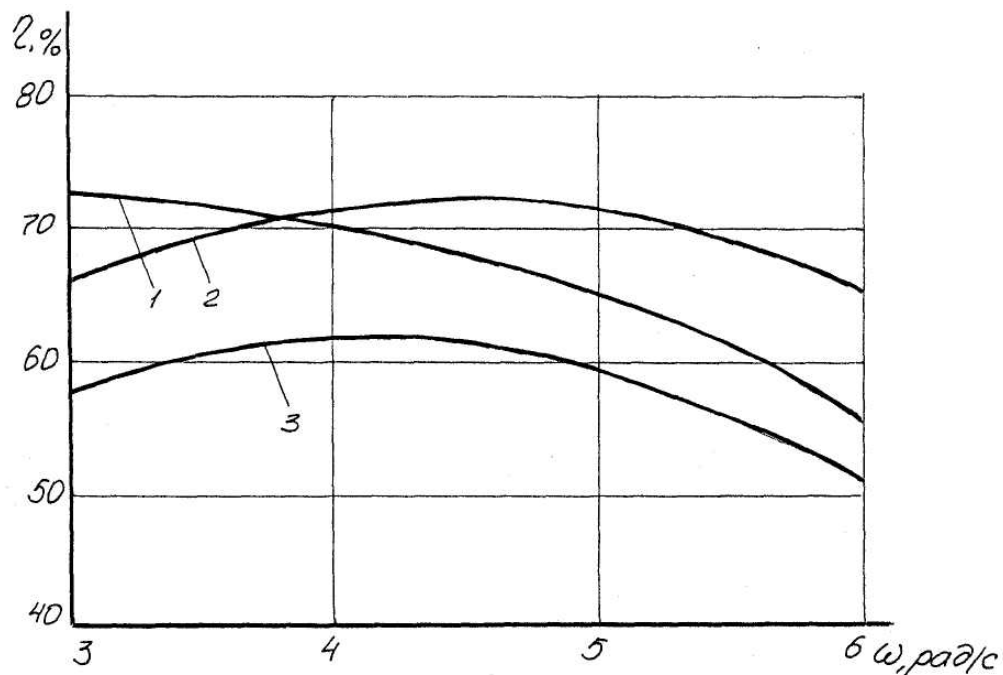


Рис. 4.3. Графічна залежність рівномірності висіву насіння пшениці від кутової швидкості ω обертання висівного елемента для круглої комірки:

1 - пшениця, 2 - жито, 3 - ячмінь.

4.3. Результати визначення впливу радіуса висівного елемента на рівномірність висіву насіння вздовж рядка

Одним з основних конструктивних параметрів висівного апарата, які забезпечують оптимальну роботу є його радіус r_0 . Значення радіуса розміщення центрів комірок, як було показано в п. 2.3. знаходиться в межах 0,12...0,32 м. Для визначення впливу радіуса висівного елемента на рівномірність висіву використовували лабораторну установку схема якої приведена на рис. 3.2, 3.3. Досліди проводили за методикою п. 3.2.3. для трьох культур з висівом насіння на липку стрічку. В досліді використовували висівний елемент, твірна якого нахилена до горизонту під кутом 30° , кутова швидкість його обертання змінювалась в межах $\omega = 3-6$ рад/с.

За результатами дослідів (додаток 10, 11, 12) рис. 4.7, рис. 4.8, рис. 4.9 побудовано графічну залежність рівномірності висіву насіння від радіуса розміщення комірок. З наведених графіків видно, що із збільшенням радіуса r_0

обертання комірки рівномірність висіву насіння також збільшується. Це пояснюється тим, що при збільшенні радіуса висівного елемента час для заповнення комірки збільшується, оскільки збільшується шлях для входження насіння в комірку. З графіка видно, що при збільшенні кутової швидкості обертання висівного елемента до 5-6 рад/с його радіус доцільно збільшити хоча при цьому відцентрова сила інерції різко зростає і своєю дією може спричинити відрив насінини від комірки, внаслідок чого виникнуть пропуски. Отже, щоб утримати насінину в комірці необхідно збільшити величину присмоктуючої сили. Але це призводить до збільшення енергомісткості процесу висіву та запізнення розвантаження комірки в зоні висіву також призводить до виникнення пропусків.

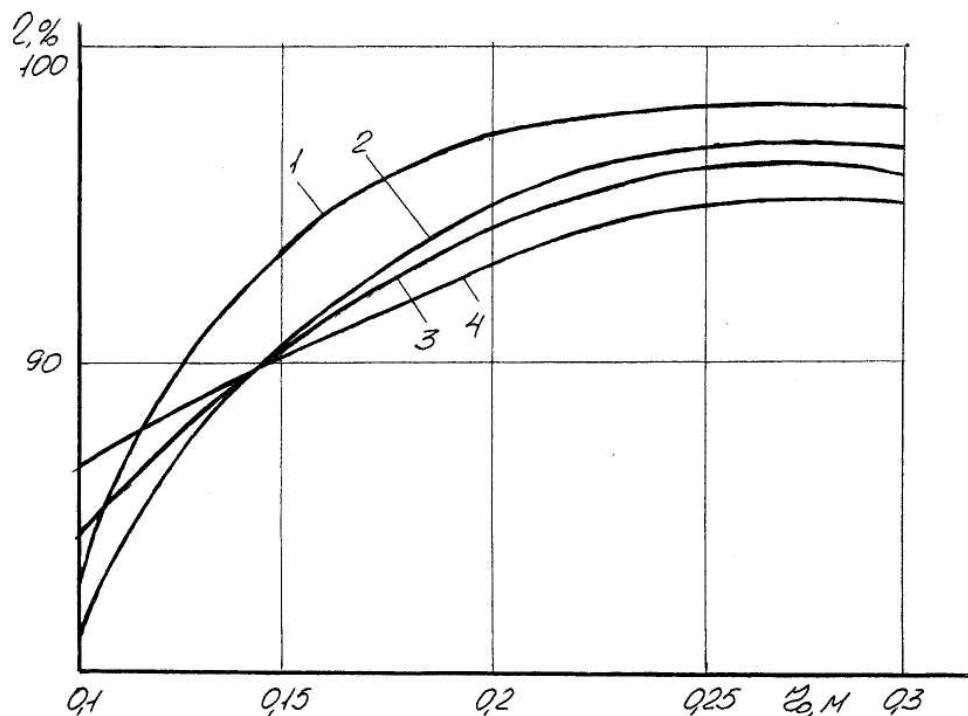


Рис. 4.7. Графічна залежність рівномірності висіву насіння пшениці від радіуса ω обертання комірки:

1 = 3 рад/с, 2 = 4 рад/с, 3 = 5 рад/с, 4 = 6 рад/с.

Така ж тенденція зберігається і при висіві насіння жита рис. 4.8 та ячменю рис. 4.9.

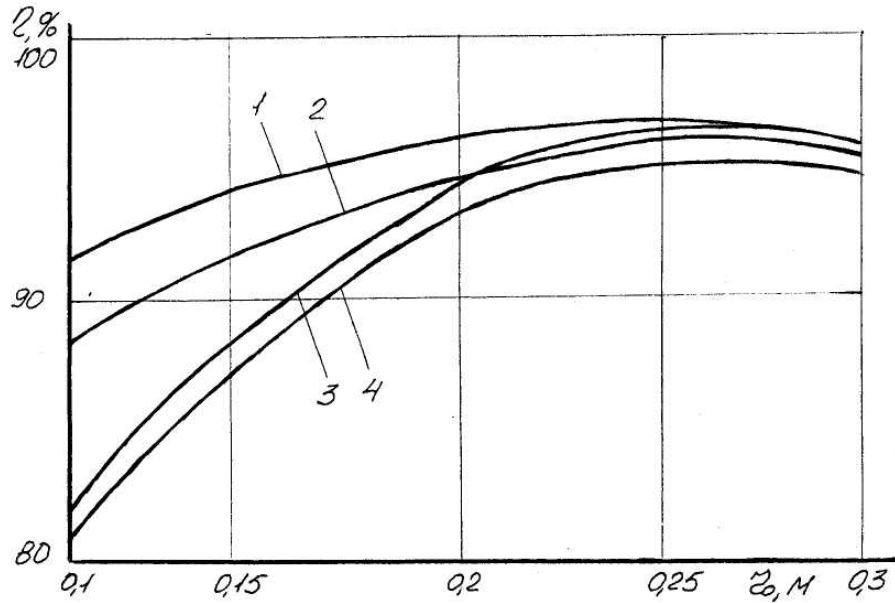


Рис. 4.8. Графічна залежність рівномірності висіву насіння жита від радіуса ω обертання комірки:

1 = 3 рад/с, 2 = 4 рад/с, 3 = 5 рад/с, 4 = 6 рад/с.

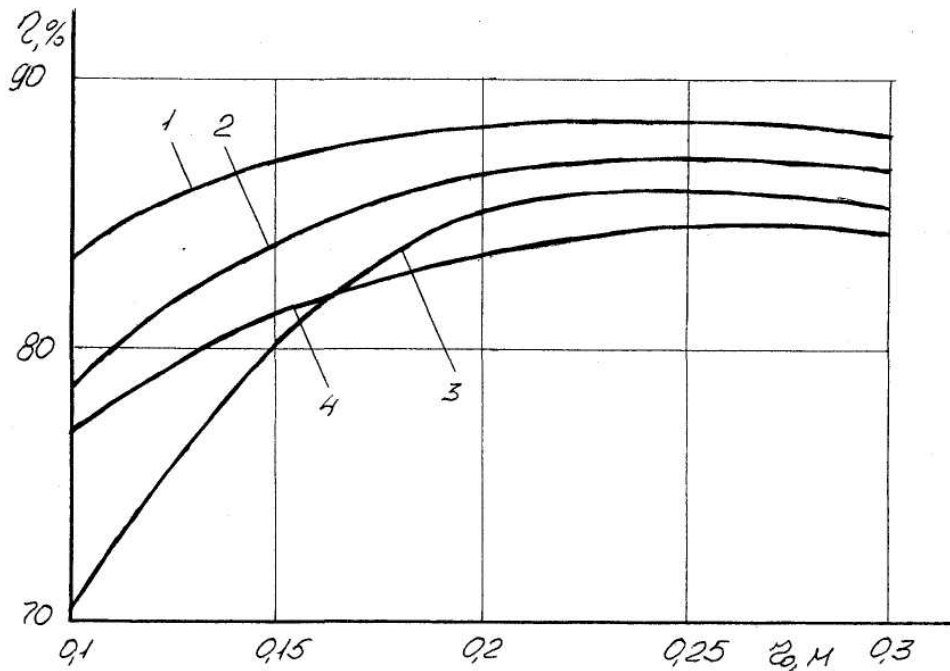


Рис. 4.9. Графічна залежність рівномірності висіву насіння ячменю від радіуса ω обертання комірки:

1 = 3 рад/с, 2 = 4 рад/с, 3 = 5 рад/с, 4 = 6 рад/с.

Таким чином проведені дослідження дають підставу зробити висновок, що застосування висівного елемента радіусом більше є недоцільним, оскільки

подальше підвищення рівномірності висіву є незначним, а матеріаломісткість конструкції висівного апарата різко зростає.

4.4. Результати досліджень впливу довжини дуги сектора забірної камери бункера на процес рівномірного висіву насіння вздовж рядка

Вплив кута повороту ω сектора заповнення комірок на рівномірність висіву досліджували на лабораторній установці, рис. 3.2, рис. 3.3. у відповідності з методикою викладеною в п. 3.2.3. Висів проводили з насінням пшениці «Миронівська 61», жита «Добриня» та ячменю «Роланд». Досліди проводились з висівним елементом, в якого кут твірної до горизонту - 30° мінімально-допустимий радіус розміщення комірок становив $r_0 = 0,12\text{м}$, кутова швидкість обертання змінювалась в межах $\omega = 3\text{-}6\text{рад/с}$. За результатами досліджень на рис. 4.10, рис.4.11, рис. 4.12 побудовано графічну залежність рівномірності висіву насіння від довжини дуги сектора заповнення комірок для різних значень кутової швидкості обертання висівного елемента.

Аналіз графіків показує, що рівномірність висіву насіння із збільшенням кутової швидкості обертання довжина дуги сектора заповнення комірок зростає: для пшениці вона становить 55° , жита $35^\circ\text{-}55^\circ$ і ячменю - $55^\circ\text{-}65^\circ$. При цьому рівномірність висіву із збільшенням кутової швидкості обертання висівного елемента зменшується і якщо при висіві пшениці при $3\text{-}4\text{ рад/с}$ становила в межах $97\text{-}98\%$, то при невисокій швидкості обертання 3 рад/с така ж тенденція спостерігалась і з висівом насіння жита і ячменю і в дослідах рівномірність висіву практично мало відрізнялась від рівномірності висіву насіння пшениці $95\text{-}97\%$. Але із збільшенням швидкості обертання висівного елемента до $5\text{-}6\text{рад/с}$ рівномірність висіву ячменю становила 3% , жита 8% , а пшениці не перевищувала. Це пояснюється тим, що при обертанні висівного елемента в суцільному зерновому шарі сили тертя на поверхні насіння, спричинюють неоднакові крутні моменти навколо точки дотику насінини з коміркою, внаслідок чого виникає нестійке положення насінини і вона

відривається від комірки потім присмоктується інша насінина і це триває до тих пір, поки якась насінина надійно не присмокчеться до комірки. Аналіз отриманих результатів досліджень показує, що при повороті висівного елемента на кут 10° - 20° насінина з комірки може бути виштовхнута іншою і на її місце ввійде інша. Але із збільшенням кута повороту висівного елемента від 40° до 60° довжина дуги L заповнення комірок насінням зростає і буде достатньою для надійного присмоктування до комірки. Проте подальше збільшення кута повороту 70° - 80° призводить до збільшення дуги L і до повторного виштовхування насінини з комірки і відповідно зменшення рівномірності висіву насіння.

На основі проведених експериментальних досліджень можна зробити висновок, що при робочій швидкості обертання висівного апарата 3-4 рад/с оптимальне значення довжина дуги сектора заповнення комірок для насіння пшениці знаходиться в межах $L = 0,11$ - $0,13$ м, жита $L = 0,07$ - $0,11$ м і ячменю $L = 0,11$ - $0,14$ м.

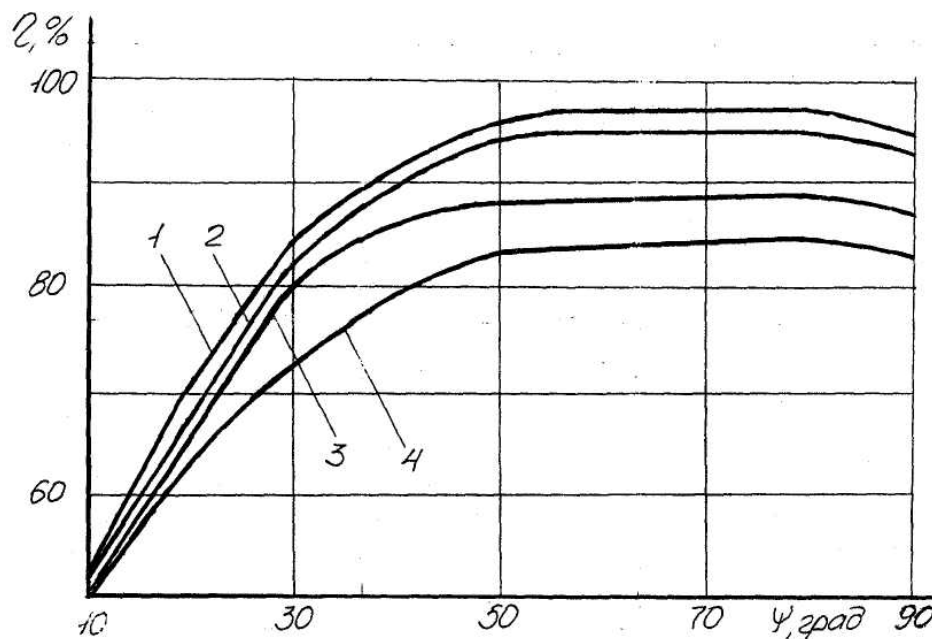


Рис. 4.10. Графічна залежність рівномірності висіву насіння пшениці від кута повороту сектора заповнення комірок:

1 - 3 рад/с; 2 - 4 рад/с; 3 - 5 рад/с; 4 - 6 рад/с.

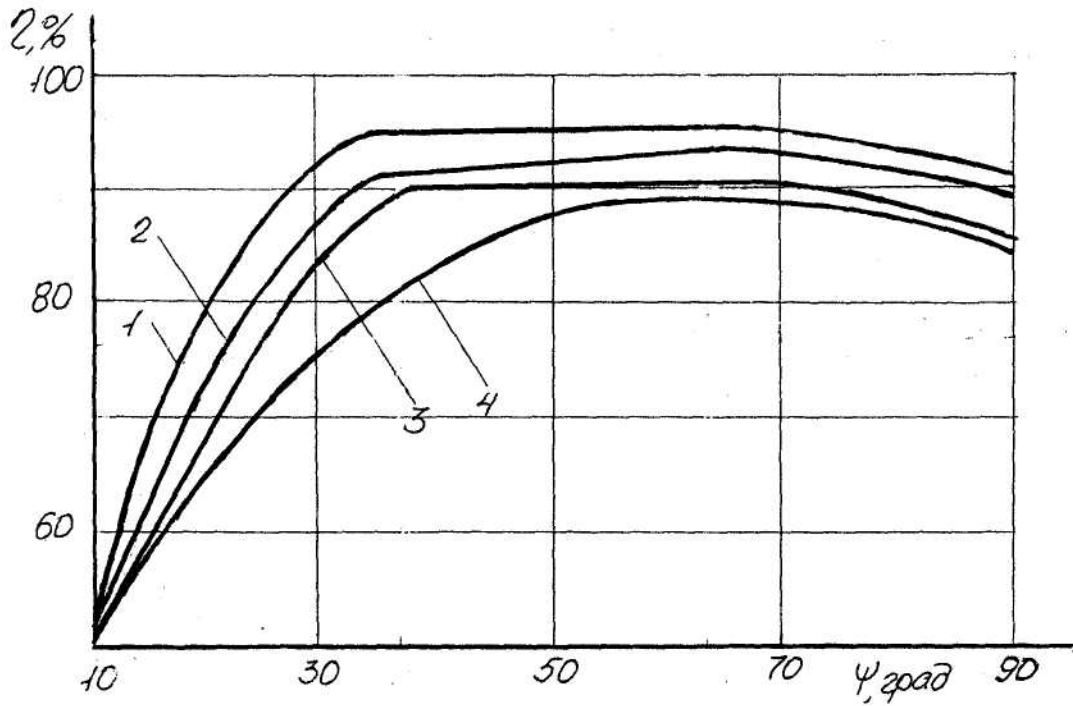


Рис. 4.11. Графічна залежність рівномірності висіву насіння жита від кута повороту сектора заповнення комірок:

1 - 3 рад/с; 2 - 4 рад/с; 3 - 5 рад/с; 4 - 6 рад/с.

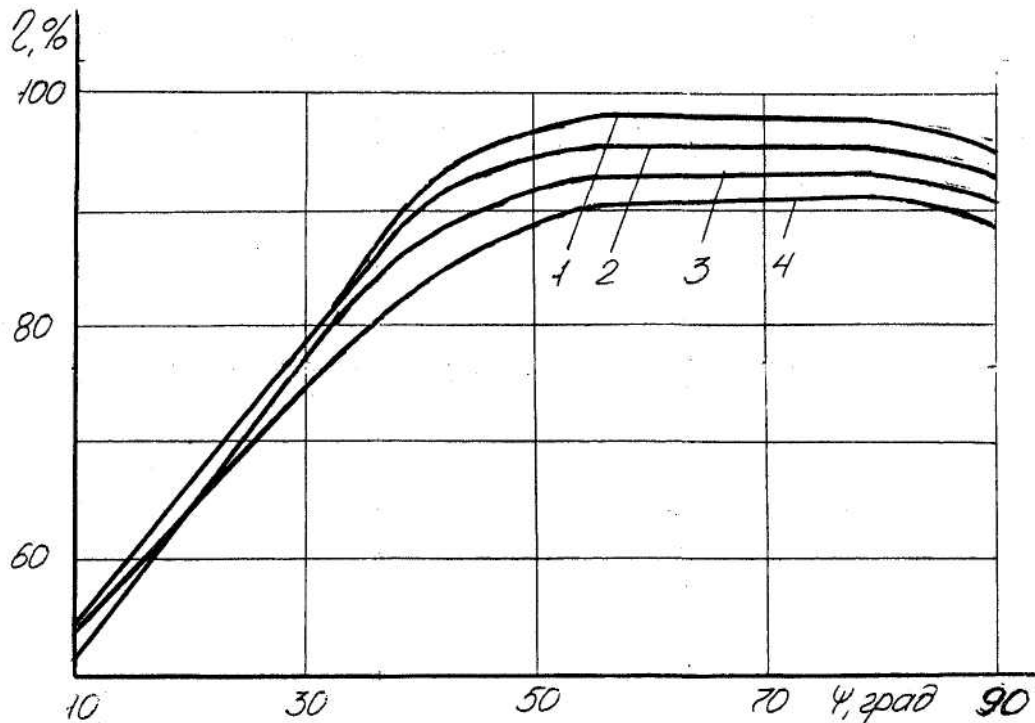


Рис. 4.12. Графічна залежність рівномірності висіву насіння ячменю від кута повороту сектора заповнення комірок:

1 - 3 рад/с; 2 - 4 рад/с; 3 - 5 рад/с; 4 - 6 рад/с.

Отже, робочу поверхню висівного елемента охоплену зерновим шаром можна розділити на декілька зон висіву, що дасть можливість зменшити матеріаломісткість висівного апарата.

4.5. 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. Досліди проводились на лабораторній установці рис. 3.3, 3.3 для трьох культур: насіння озимої пшениці «Миронівська 61», жита «Добриня» і ячменю «Роланд». За результатами досліджень побудовано графічну залежність рівномірності висіву насіння від кутової швидкості висівного елемента.

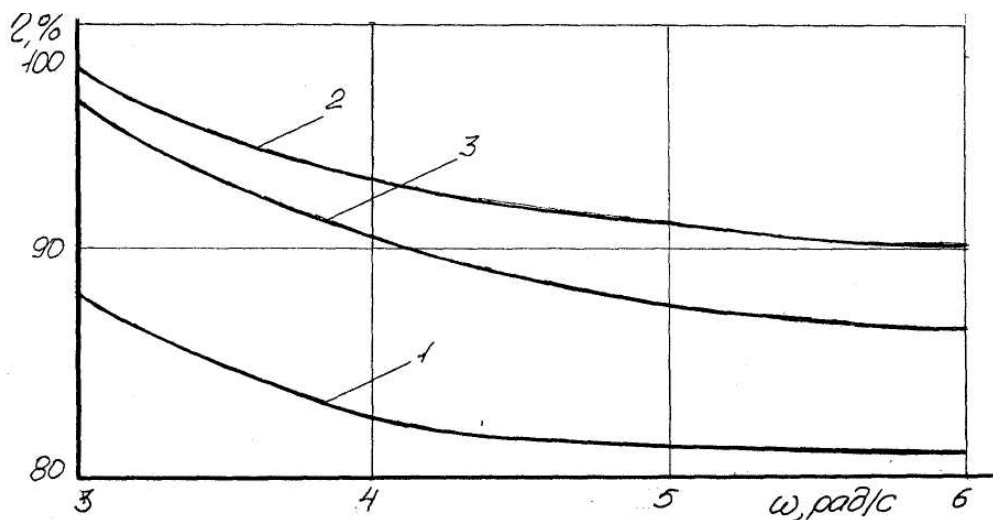


Рис. 4.16. Графічна залежність рівномірності висіву насіння пшениці від кутової швидкості ω обертання висівного елемента, де 1 - 5° ; 2 - 25° ; 3 - 40° .

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 $\gamma = 30^\circ$ знаходиться в

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

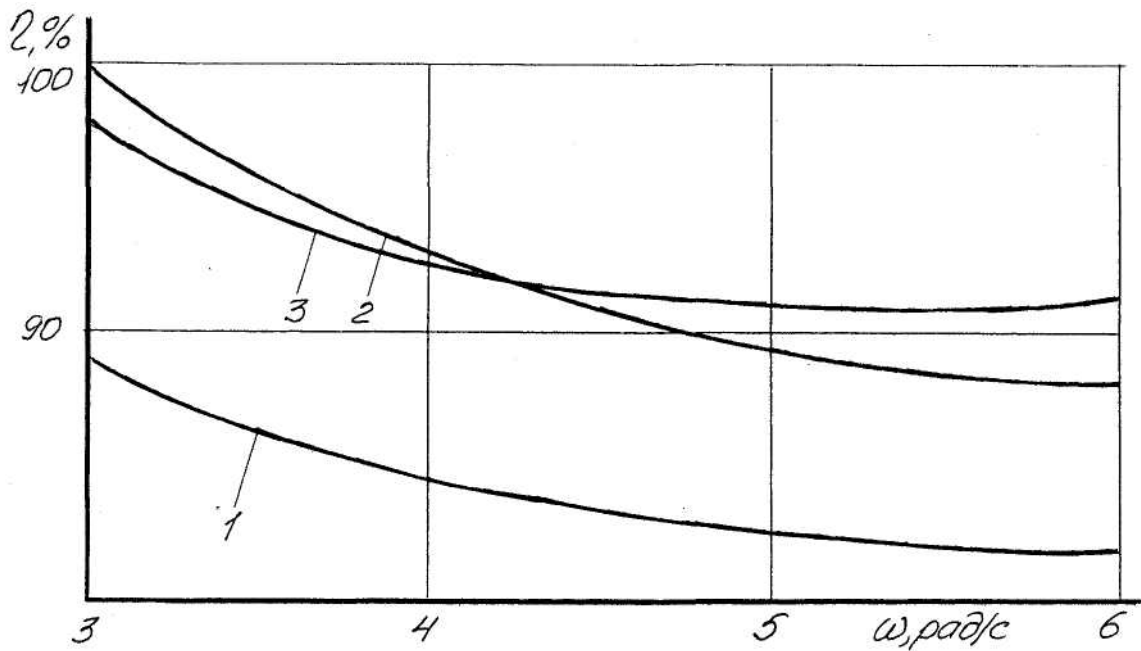


Рис. 4.17. Графічна залежність рівномірності висіву насіння жита від кутової швидкості ω обертання висівного елемента, де 1 - 5°; 2 - 25°; 3 - 40°.

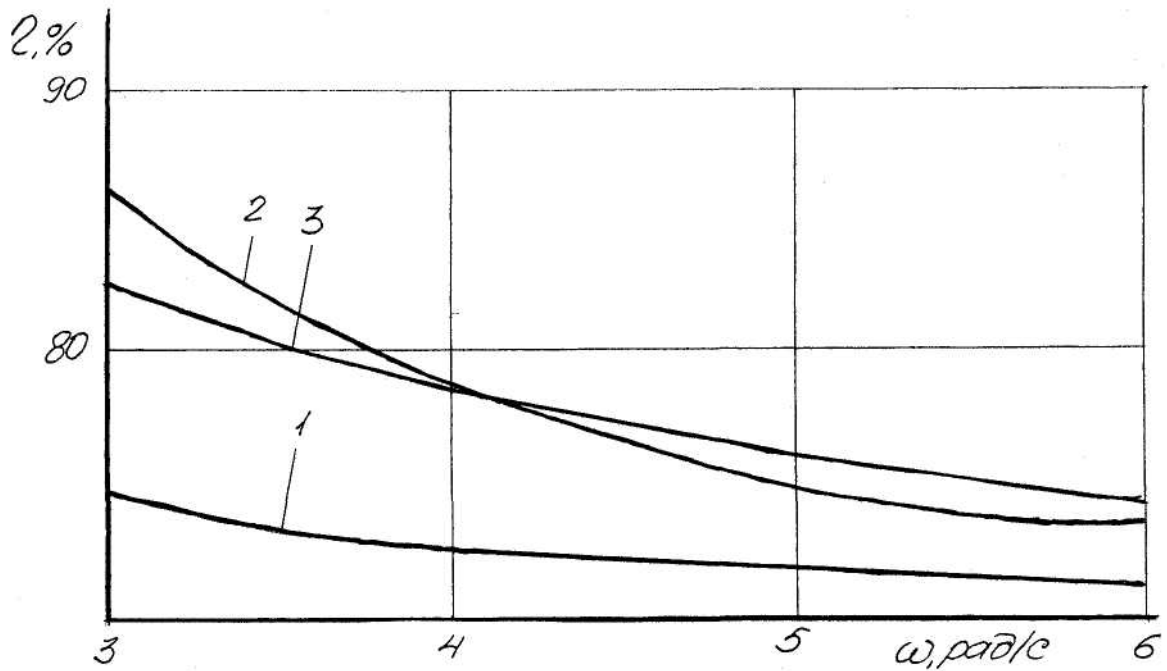


Рис. 4.18. Графічна залежність рівномірності висіву насіння ячменю від кутової швидкості ω обертання висівного елемента, де 1 - 5°; 2 - 25°; 3 - 40°.

4.6. Результати 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.

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

Досліди проводились на лабораторній установці рис. 3.3, 3,4 за методикою викладеною п. 3.2.3. при наступних умовах: кут нахилу u твірної висівного елемента рівний 30° , максимальний радіус r_0 висівного елемента становить 0,20м, його кутова швидкість ω обертання змінювалась в межах 3-6 рад/с.

За результатами дослідів для насіння пшениці жита і ячменю на рис. 4.19, рис. 4.20, рис. 4.21 побудовано графічні залежності впливу глибини розрідження всередині висівного елемента на процес рівномірного висіву насіння. Аналіз графічних залежностей показує, що із збільшенням глибини розрідження всередині висівного елемента до 450Па рівномірність 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 3-4рад/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 97-98%, 95-97%, 91-93%.

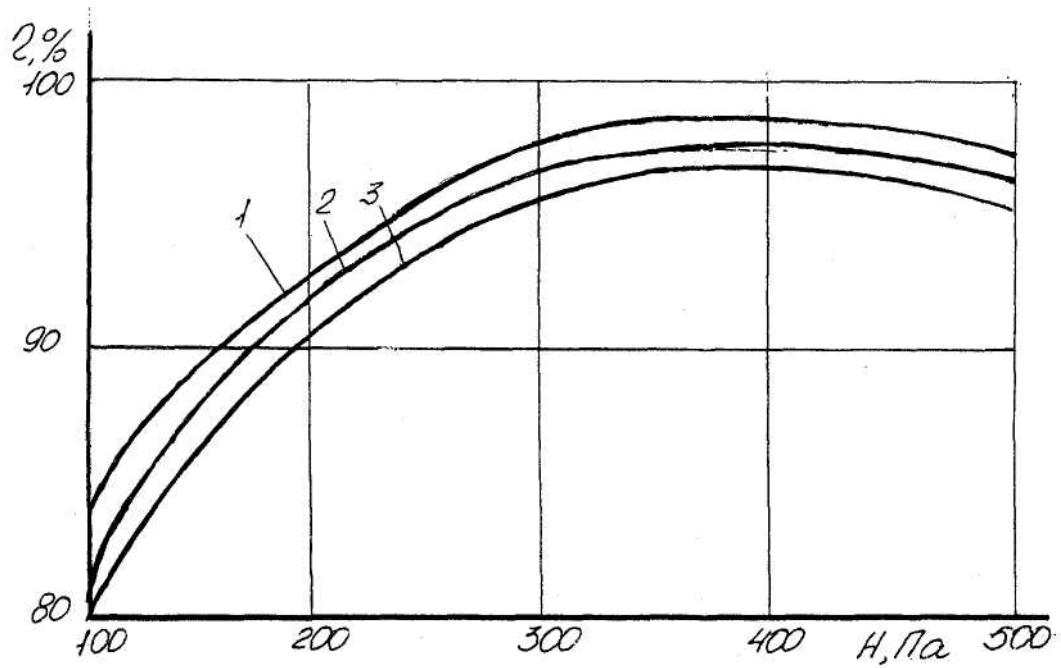


Рис. 4.19. Графічна залежність рівномірності висіву насіння пшениці від глибини розрідження всередині висівного елемента, де 1 - 3 рад/с, 2 - 4 рад/с, 3 - 5 рад/с, 4 - 6 рад/с.

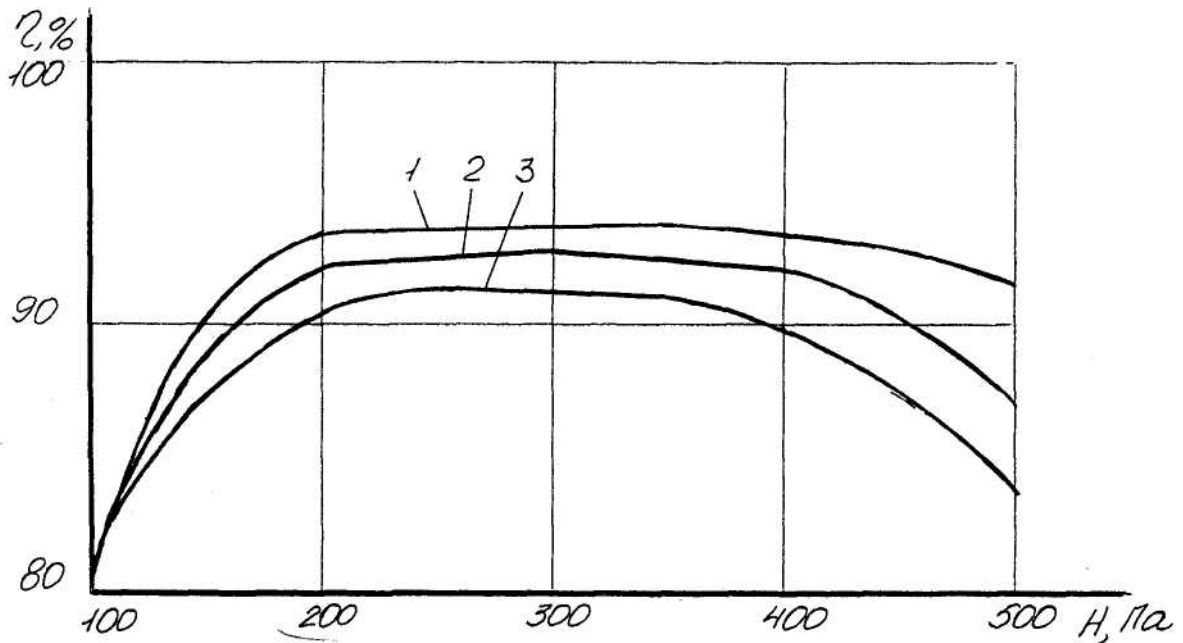


Рис. 4.20. Графічна залежність рівномірності висіву насіння жита від глибини розрідження всередині висівного елемента, де 1 - 3 рад/с, 2 - 4 рад/с, 3 - 5 рад/с, 4 - 6 рад/с.

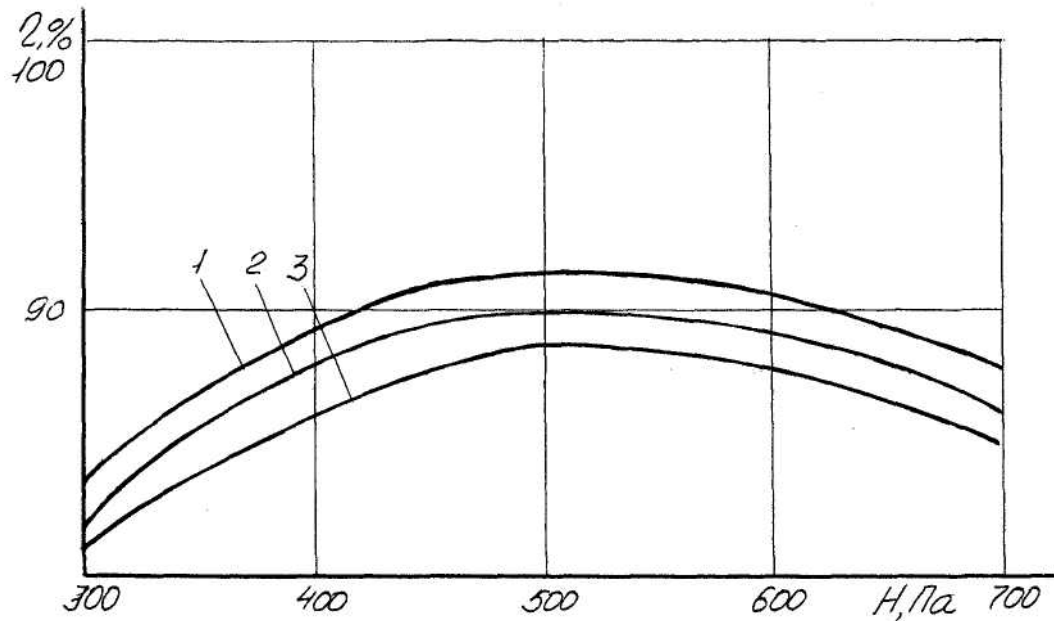


Рис. 4.21. Графічна залежність рівномірності висіву насіння ячменю від глибини розрідження всередині висівного елемента, де 1 – 3 рад/с, 2 – 4 рад/с, 3 – 5 рад/с, 4 – 6 рад/с.

4.7. Результати досліджень по визначенню впливу висоти встановлення насіннепроводу над дном борізки на рівномірність висіву насіння вздовж рядка

На рівномірність розподілу насіння по площі поля впливає висота падіння насінини з насіннепроводу 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 встановлення насіннепроводу над дном борізки і її вплив на рівномірність розподілу насіння по площі поля.

Досліди проводились 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° , кутова швидкість m його обертання рівна 3 рад/с.

За результатами дослідів для насіння пшениці, жита і ячменю на рис 4.22 побудовано графічну залежність впливу висоти падіння насіння на процес рівномірного розподілу насіння.

Аналіз графічних залежностей показує, що при висоті в межах 0,01-0,04м рівномірність висіву становить 97-98% і з збільшенням висоти до 0,08м рівномірність зменшується і становить в межах 55-60%.

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

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

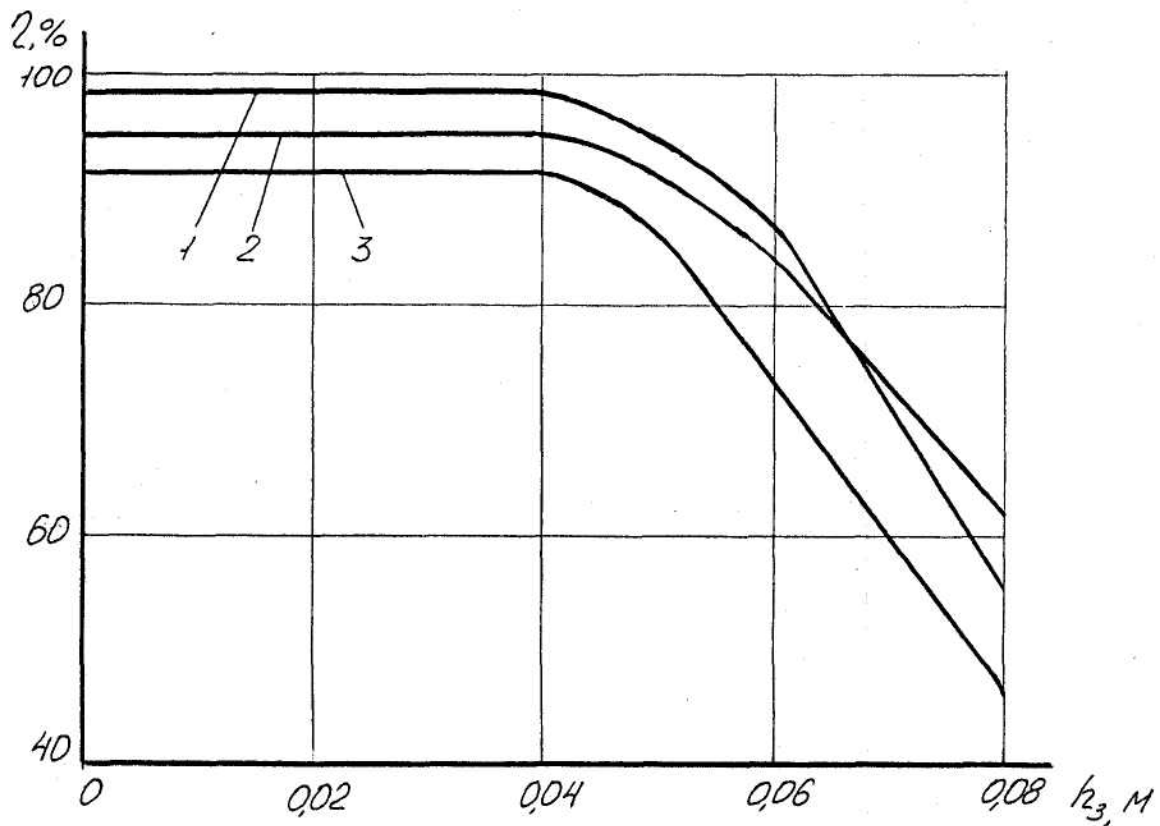


Рис. 4.22. Графічна залежність висоти встановлення насіннепроводу над дном борідки на рівномірність розподілу насіння вздовж рядка.

4.8. Вплив глибини заробки насіння на польову схожість рослин

Вплив глибини заробки насіння визначали шляхом пробного висіву насіння зернових колосових культур на різну глибину від 2 см до 5 см. 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 приведені в додатку 25 і показали, що при глибині загортання 2-3 см польова схожість насіння становить 96,2%.

4.9. 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 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%.

Для перевірки ефективності роботи сівалки точного висіву у 2022 році проводились польові випробування з висівом насіння озимої пшениці «Миронівська-61» на площі 0,6 га. Два виготовлених висівних апарати встановлювались на експериментальній сівалці. Результати проведених випробувань показали надійну роботу висівних апаратів і високу рівномірність розподілу насіння по площі поля.

В 2022 р. на ділянках засіяних експериментальною і рядовою сівалками після сходження посівів була проведена оцінка рівномірності розміщення рослин по площі поля у відповідності з методикою п.3.3. Результати обробки прозорих плівок показали високу рівномірність розміщення насіння під час висіву, яка становила в середньому 88-89%.

4.10. Висновки до розділу

На основі проведених лабораторно-польових досліджень можна зробити такі висновки:

1. 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, що забезпечує найвищу рівномірність висіву насіння.

2. Встановлено, що найбільша рівномірність висіву насіння на липку стрічку досягається при встановленні висівного елемента з кутом нахилу твірної в межах 20° - 30° .

3. Проведені дослідження дають підставу зробити висновок, що застосування висівного елемента радіусом більше 0,25 м є недоцільним, оскільки подальше підвищення рівномірності висіву є незначним, а матеріаломісткість конструкції висівного апарата різко зростає.

4. Визначено, що при кутовій швидкості обертання висівного елемента 3..4 рад/с на мінімально-допустимому радіусі розміщення комірок 0,12 м довжина дуги сектора заповнення для насіння пшениці становить 0,11...0,13 м. Отже, робочу поверхню висівного елемента охоплену зерновим шаром можна розділити на декілька зон висіву, що дасть можливість зменшити матеріаломісткість висівного апарата.

5. З метою забезпечення стовідсоткового заповнення комірок насінням, висота забірної камери під нижньою основою становить не менше 0,05...0,06 м і для кращої роботи висівного апарата форма забірної камери бункера повторює профіль висівного елемента, тобто вона конічної форми, що сприяє рівномірному охопленню висівного елемента насінням. При проектуванні висівного апарата висота бункера визначається конструктивно, в залежності від необхідної продуктивності сівалки, в процесі роботи висота зернового шару в бункері може опускатись до мінімально-допустимого рівня 0,03 м.

5. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Науково-технічний прогрес обумовлює нові задачі, пов'язані з охороною праці. В умовах зросту механізації та автоматизації процесів зберігання та переробки зернової продукції, велике значення набуває проблема охорони праці працюючих.

Збільшення енергоозброєності та технічної оснащеності потребує своєчасного виявлення, усунення і потенційного прогнозування можливих небезпечних місць на виробничих лініях, складах та інших виробничих об'єктах. Необхідне проведення робіт профілактичного характеру, пов'язаних з попередженням нещасних випадків. Для цієї цілі відповідним службам з охорони праці необхідно керуватися:

1. Законом України «Про охорону праці», прийнятим Верховною Радою України 21 листопада 2002 року;

2. «Типовим Положенням» про навчання по питанням охорони праці;

3. «Інструкціями» – тобто нормативними актами, які містять обов'язкові для дотримання працівниками вимог з охорони праці при виконанні робіт на робочих місцях.

В ПП «Росток» за стан охорони праці відповідає директор. Йй підпорядковується інженер з питань охорони праці, який працює за сумісництвом і має практичний стаж роботи більше 3-х років.

До основних обов'язків директора входить:

- опрацювання ефективної цілісної системи управління ОП;
- сприяння удосконаленню діяльності у *цьому напрямку кожного* структурного підрозділу і кожної посадової особи;

В свою чергу спеціаліст з питань охорони праці контролює:

- дотримання чинного законодавства, міжгалузевих, галузевих та інших нормативних актів, виконання працівниками посадових інструкцій з питань охорони праці;

- виконання приписів органів державного нагляду, пропозицій *та*

подань уповноважених трудових колективів і профспілок з питань *охорони праці*;

- своєчасне проведення навчання та інструктажів працюючих, атестації та переатестації з питань безпеки праці посадових осіб та осіб, які виконують роботи підвищеної небезпеки, а також дотримання вимог безпеки при виконанні цих робіт.

За стан охорони праці на робочих місцях відповідають *начальники* цехів, майстри, бригадири. До їх обов'язків входить:

- забезпечення безпеки виробничих процесів, устаткування, будівель і споруд;
- забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту;
- професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань опрацювання ефективної цілісної системи управління охороною праці;
- вибору оптимальних режимів праці і відпочинку працівників;
- професійного добору виконавців для визначених видів робіт.

Вступний інструктаж з питань охорони праці для працівників проводить спеціаліст з охорони праці підприємства.

В підприємстві погано організована пожежно-сторожова охорона, яка не оснащена зв'язком зі всіма підрозділами господарства. Графік чергувань пожежної охорони розроблено, але його не завжди дотримуються. Навчання правилам безпеки практично не ведеться.

Стан охорони праці на виробничих ділянках характеризує узагальнений коефіцієнт рівня охорони праці.

$$K_{cn}^c = \frac{K_o + K_o + K_{впр}}{3} \leq 1 \quad (5.1)$$

Розраховуємо коефіцієнт рівня дотримання правил охорони праці:

$$K_o = \frac{C_o}{C}, \quad (5.2)$$

де K_o – коефіцієнт рівня дотримання правил охорони праці;

C_o – кількість працівників, що дотримуються правил охорони праці;

C – загальна кількість працівників.

$$K_{o2015} = \frac{9}{10} = 0,9;$$

$$K_{o2016} = \frac{10}{10} = 1,0;$$

$$K_{o2017} = \frac{10}{10} = 1,0.$$

Як показали розрахунки, рівень дотримання правил охорони праці в господарстві за останній рік підвищився.

Розраховуємо коефіцієнт технічної безпеки обладнання:

$$K_{\sigma} = \frac{n_{\sigma}}{n}, \quad (5.3)$$

де K_{σ} – коефіцієнт технічної безпеки обладнання;

n_{σ} – кількість одиниць обладнання, що відповідає вимогам безпеки і санітарним вимогам;

n – загальна кількість обладнання.

$$K_{\sigma2015} = \frac{20}{25} = 0,8;$$

$$K_{\sigma2016} = \frac{20}{25} = 0,8;$$

$$K_{\sigma2017} = \frac{23}{25} = 0,92.$$

Як показали розрахунки, рівень технічної безпеки в господарстві за останні роки підвищився.

Розраховуємо коефіцієнт виконання планових робіт з охорони праці:

$$K_{\text{впр}} = \frac{m_{\text{сп}}}{m}, \quad (5.4)$$

де $K_{\text{впр}}$ – коефіцієнт виконання планових робіт з охорони праці;

$m_{\text{сп}}$ – кількість фактично виконаних запланованих робіт з охорони праці;

m – загальна кількість запланованих робіт за певний відрізок часу.

$$K_{\text{впр}2015} = \frac{5}{10} = 0,5;$$

$$K_{\text{впр}2016} = \frac{6}{10} = 0,6;$$

$$K_{\text{впр}2017} = \frac{6}{10} = 0,6.$$

Коефіцієнт рівня охорони праці дорівнює:

$$K_{\text{сн}2015}^{\text{ч}} = \frac{0,9 + 0,8 + 0,5}{3} = 0,73;$$

$$K_{\text{сн}2016}^{\text{ч}} = \frac{1,0 + 0,8 + 0,6}{3} = 0,8;$$

$$K_{\text{сн}2017}^{\text{ч}} = \frac{1,0 + 0,92 + 0,6}{3} = 0,84.$$

Коефіцієнт рівня охорони праці свідчить, що стан охорони праці в господарстві, як показують розрахунки даний показник за останній рік підвищився.

В господарстві стан охорони праці знаходиться на належному рівні, але маютья недоліки: не проводиться атестація робочих місць; підвищений рівень запиленості робочих місць; не проводиться інструктаж з охорони праці та надання першої медичної допомоги, для учнів і студентів, які прибувають на виробничу практику до господарства.

Аналіз показників виробничого травматизму та захворювань, причини їх виникнення в господарстві

Метою дослідження виробничого травматизму є розробка заходів по запобіганню нещасних випадків на підприємстві. Для цього необхідно систематично аналізувати і узагальнювати їх причини. Аналіз причин травматизму дозволяє поділяти їх на організаційні, технічні, психофізіологічні та санітарно-гігієнічні.

Так, як в господарстві випадків травматизму за досліджувані роки не було, проводимо розрахунок показників захворювань.

Для їх кількісної характеристики використовують такі показники:

- коефіцієнт частоти захворювань:

$$K_{\text{ч}} = \frac{T}{P} \cdot 100 \quad (5.4)$$

- коефіцієнт важкості захворювань:

$$K_{\text{в}} = \frac{D}{T} \quad (5.5)$$

- коефіцієнт втрат робочого часу:

$$K_{\text{вт}} = \frac{D}{P} \cdot 100 \quad (5.6)$$

де T – кількість випадків захворювань за досліджуваний період;

P – середньоспискова кількість працівників, чол.;

D – сумарна втрата днів працездатності в результаті захворювань, днів.

Отже, за звітній період отримаємо наступні дані:

- коефіцієнт частоти захворювань:

$$K_{\text{ч}2015} = \frac{1}{10} \cdot 100 = 10$$

- коефіцієнт важкості захворювань:

$$K_{\text{в}2015} = \frac{24}{1} = 24$$

- коефіцієнт втрат робочого часу:

$$K_{\text{вт}2015} = \frac{24}{10} \cdot 100 = 240$$

Основні показники захворювань зводяться до таблиці 5.1 та робляться висновки про його рівень.

Основні показники захворювань по ПП «Росток»

Показники	Роки		
	2021	2022	2023
Кількість працюючих, чол.	10	10	10
Кількість захворювань, од	1	-	-
Втрати днів непрацездатності від захворювань	24	-	-
Коефіцієнт частоти	10	-	-
Коефіцієнт важкості	24	-	-
Коефіцієнт втрат робочого часу	240	-	-

Заходи по поліпшенню умов праці

Для покращення стану охорони праці на підприємстві, створення безпечних умов праці, зменшення виробничого травматизму та захворюваності, в наслідок чого підвищення рівня виробництва рекомендується:

- організувати кабінет з охорони праці;
- забезпечити кабінет необхідним обладнанням;
- закупити учбові плакати з охорони праці та розповсюдити їх по всіх виробничих підрозділах;
- систематично проводити демонстрацію фільмів про охорону праці та пожежну безпеку;
- проводити з працівниками лекції та бесіди з охорони праці;
- щомісяця проводити на підприємстві день охорони праці;
- налагодити пропаганду безпечних умов праці.
- слідкувати за чистотою площадок для зберігання техніки.
- перевірити лінії електропередач, висоту вводів в приміщення. Висота ліній по нижньому проводу повинна бути не менше 6 м, а висота вводу в приміщення не менше 2,5 м.
- перевірити блискавкозахист приміщень.
- перевірити контури заземлення електрообладнання та встановити захисні щитки.

- забезпечити протипожежним інвентарем, резервуарами з водою та вогнегасниками.

- посадити зелене насадження.

- забезпечити кожний агрегат аптечкою першої медичної допомоги.

- регулярно проводити інструктажі з охорони праці.

- забезпечити всі виробничі приміщення плакатами з охорони праці.

Безпека праці в надзвичайних ситуаціях у разі виникнення пожежі

В разі виникнення пожежі на стаціонарних об'єктах викличте пожежну команду, повідомте керівництво і приступіть до ліквідації осередку загоряння згідно з вимогами інструкції про заходи з пожежної безпеки.

При виникненні пожежі на електроустановках у першу чергу необхідно повідомити про це пожежну охорону, відповідального за електрогосподарство, керівника робіт.

У випадку загоряння зерна погасіть топку, виключіть вентилятори і вивантажувальні пристрої, закрийте випускні заслінки і, не зупиняючи подачі вологого зерна, відкрийте люки дифузорів, виявивши осередок загоряння, через вікно короба спробуйте витягнути його із шахти. Якщо осередок загоряння усунути не вдається, включіть розвантаження на максимальну продуктивність, а осередки загоряння зерна гасіть водою й усувайте з основного потоку зерна. Після розвантаження всього зерна ретельно очистіть стінки камери й поверхню коробів від нагару.

При загорянні одязі постарайтесь зняти її або накрийте палаючу ділянку щільною матерією, при можливості занурте у воду.

Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшенню умов праці в підприємстві

Специфіка обладнання підприємств зі зберігання техніки полягає в тому, що воно майже не потребує місцевого освітлення, тому розраховуємо загальне освітлення. Розрахунок проведемо для основних виробничих приміщень.

Розрахунок виконаємо за методом використання світлового потоку. Для цього знайдемо висоту підвісу світильників:

$$H_c = H - (h_p + h_r), \text{ м} \quad (5.8)$$

де H – висота приміщення, м;

h_p – висота робочого місця, м;

h_r – відстань від стелі до світильника, м.

Для всіх приміщень висота підвісу буде складати:

$$H_c = 6 - (1,15 + 0,45) = 4,4 \text{ м}$$

Далі визначаємо показник приміщення:

$$\varphi = \frac{a \cdot b}{H_c (a + b)}, \quad (5.9)$$

де a і b – довжина і ширина приміщення відповідно, м.

Для виробничого відділення цей індекс складає:

$$\varphi = \frac{18 \cdot 9}{4,4 \cdot (12 + 9)} = \frac{162}{118,8} = 1,36$$

Далі визначаємо кількість світильників в цеху при умові розміщення їх один від одного на відстані три метри:

$$n = \frac{S}{l^2}, \text{ шт} \quad (5.10)$$

Звідси,

$$n = \frac{162}{9} = 18 \text{ шт}$$

Таким чином, приймаємо кількість світильників рівну 18 шт.

Далі визначаємо світловий потік однієї лампи за формулою:

$$F = \frac{E_{\min} \cdot K \cdot Z \cdot S}{n \cdot \eta} \quad (5.11)$$

де E – мінімальна освітленість, що дорівнює 150 люкс;

K – коефіцієнт запасу, що враховує запиленість світильників ($K = 1,7$);

Z – відношення середньої освітленості до мінімальної ($Z = 0,53$);

S – площа приміщення, м²;

n – кількість світильників, шт.;

η – коефіцієнт використання світлового потоку ($\eta=0,55$).

Розрахунковий світловий потік складає:

$$F = \frac{150 \cdot 1,7 \cdot 0,53 \cdot 162}{18 \cdot 0,55} = 2211 \text{ лм}$$

Отже,

$$E = \frac{2211 \cdot 18 \cdot 0,55}{1,7 \cdot 162 \cdot 0,53} = 150 \text{ лк}$$

Далі за визначеним мінімальним світловим потоком вибираємо лампи для світильників. Таким чином, для обраних світильників типу ОДОР приймаємо люмінесцентні газорозрядні лампи ЛДЦ потужністю 40 Вт.

1. Більше уваги приділяти навчанню робітників підрозділів, керівнику підприємства і інженеру з охорони праці.
2. Перевірити стан вентиляції в приміщеннях.
3. Обладнати належним чином місця для куріння на всіх виробничих дільницях, керівнику підприємства.
4. Звернути особливу увагу на проведення інструктажів з питань охорони праці, ознайомити працівників зі способами надання першої медичної допомоги, для учнів і студентів, які прибувають на виробничу практику до господарства, інженеру по охороні праці.
5. Провести атестацію робочих місць.

Висновки

У даному розділі приведені стан охорони праці та обов'язки відповідальних осіб з охорони праці на підприємстві, проаналізований стан охорони праці в цеху. У частині інженерних розрахунків для покращення умов праці та підвищення безпечності виробництва був проведений розрахунок системи освітлення приміщень. Також був розроблений план дій виробництва при вибуху, як найбільш ймовірній надзвичайній ситуації.

6. Техніко - економічні показники проекту

Розрахунки по техніко-економічних показниках необхідні для порівняння еталонних і проектних результатів, щоб визначити термін окупності модернізованої машини та оцінити економічний ефект, що очікується від її впровадження. Польові випробування проводились з висівом насіння озимої пшениці «Миронівська-61» на площі 0,6 га. Два виготовлених висівних апарата встановлювались на експериментальній сівалці. 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 АСТРА-6.

Таблиця 6.1.

Вихідні дані до техніко-економічних розрахунків.

№	Показник	Розмірність	Технологічна машина	
			серійна	модернізована
1	Річний обсяг роботи	га	100	100
2	Продуктивність	га/год.	3,4	3,4
3	Витрати ПММ	кг/га	8,7	8,7
4	Вартість:	грн.		
	- трактора		400000	400000
	- сівалки		160000	165000
	- всього		560000	565000
5	Кількість обслуговуючого персоналу	чол.	1	1

У відповідності з виданим на магістерську роботу завданням:

Кількість нормо-годин у обсязі робіт:

- базовий:

$$K^b_{нг} = \frac{W_{СЕЗ}}{W_{ГОД}} = \frac{100}{3,4} = 29,41 \text{ год.}$$

- проектний:

$$K_{HG}^n = \frac{W_{CEЗ}}{W_{ГОД}} = \frac{100}{3,4} = 29,41 \text{ год.} \quad (6.1)$$

Витрати праці:

- базовий:

$$B_{\Pi} = K_{HG} \cdot n = 29,41 \cdot 1 = 29,41 \text{ год.}$$

- проектний:

$$B_{\Pi} = K_{HG} \cdot n = 29,41 \cdot 1 = 29,41 \text{ год.} \quad (6.2)$$

де $n = 1$ - кількість обслуговуючого персоналу.

6.1. Експлуатаційні витрати

Експлуатаційні витрати складаються з основної і додаткової заробітної плати, амортизаційних відрахувань, витрат на паливо-мастильні матеріали, витрат на технічне обслуговування, ремонт і зберігання агрегату.

6.1.1. Основна і додаткова заробітна плата.

Основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями:

$$П = \frac{C_T}{W_{ГОД}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (6.3)$$

де C_T - тарифна ставка, грн/год;

$K_1 = 1,2$ - коефіцієнт, що враховує додаткову оплату (20%);

$K_2 = 1,375$ - коефіцієнт, що враховує нарахування на соціальні заходи:

Базовий

$$П_{\text{б}} = \frac{15}{3,4} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 7,2 \text{ грн / га.}$$

Проектний

$$П_n = \frac{15}{3,4} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 7,2 \text{ грн / га.}$$

6.1.2. Амортизаційні відрахування.

Норма амортизації для трактора -15%, сівалки - 12%.

Нормативне завантаження на рік:

- трактора - 1000 год;

- сівалки - 250 год.

Трактор:

- базовий

$$A_{mp}^{\bar{}} = \frac{400000 \cdot 15}{100 \cdot 1000 \cdot 3,4} = 17,64 \text{ грн / га.}$$

- проектний

$$A_{mp}^n = \frac{400000 \cdot 15}{100 \cdot 1000 \cdot 3,4} = 17,64 \text{ грн / га.}$$

Сівалка:

- базовий

$$A_m^{\bar{}} = \frac{160000 \cdot 12}{100 \cdot 250 \cdot 3,4} = 22,59 \text{ грн / га.}$$

- проектний

$$A_m^n = \frac{165000 \cdot 12}{100 \cdot 250 \cdot 3,4} = 23,29 \text{ грн / га.}$$

Всього:

$$A_{\Sigma}^{\bar{}} = 17,64 + 22,59 = 40,23 \text{ грн/га}$$

$$A_{\Sigma}^n = 17,64 + 23,29 = 40,93 \text{ грн/га.}$$

6.1.3. Витрати на ПММ

Базовий

$$V_{ПММ} = C_{ПММ} \cdot V_{ПММ} = 50 \cdot 3,4 = 170 \text{ грн./га.}$$

Проект

$$V_{ПММ} = C_{ПММ} \cdot V_{ПММ} = 50 \cdot 3,4 = 170 \text{ грн./га.}$$

6.1.4. Витрати на ТО, ТР, зберігання

Норма витрат на ТР, ТО і зберігання:

$\alpha_{ТО} = 11\%$ - норма відрахувань на ТО;

$\alpha_3 = 0,2\%$ - норма відрахувань на зберігання;

$\alpha_{ТР} = 8\%$ - норма відрахувань на ремонт.

Витрати на ТО, ТР і зберігання:

$$B = \frac{B_B \cdot (\alpha_{ТО} + \alpha_3 + \alpha_{ТР})}{100 \cdot K_{НГ} \cdot W_{ГОД}}, \quad (6.4)$$

де B_B - балансова вартість, грн;

Трактор:

- базовий

$$B_{ТР}^{\delta} = \frac{400000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 29,41 \cdot 3,4} = 768,04 \text{ грн / га.}$$

- проектний

$$B_{ТР}^n = \frac{400000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 29,41 \cdot 3,4} = 768,04 \text{ грн / га.}$$

Сівалка:

- базовий

$$B_M^{\delta} = \frac{160000 \cdot (8 + 0,2)}{100 \cdot 29,41 \cdot 3,4} = 131,20 \text{ грн / га.}$$

- проектний

$$B_M^n = \frac{165000 \cdot (8 + 0,2)}{100 \cdot 29,41 \cdot 3,4} = 135,30 \text{ грн / га.}$$

Всього по агрегатам:

$$B^{\delta} = B_{ТР} + B_M = 768,04 + 131,20 = 899,24 \text{ грн/га.}$$

$$B^n = B_{ТР} + B_M = 768,04 + 135,30 = 903,34 \text{ грн/га.}$$

Всього експлуатаційних витрат на 1 га:

- базовий

$$E_{\epsilon}^{\delta} = 7,2 + 40,23 + 61,2 + 899,24 = 1007,87 \text{ грн/га.}$$

- проектний

$$E^n_6 = 7,2 + 40,93 + 61,2 + 903,34 = 1012,67 \text{ грн/га.}$$

Експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи:

- базовий

$$E^{\sigma}_{\Sigma} = E_B \cdot W_{CE3} = 1007,87 \cdot 100 = 100787 \text{ грн.}$$

- проектний

$$E^n_{\Sigma} = 1012,67 \cdot 100 = 101267 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення на 1 га:

Трактор:

- базовий

$$K^{\sigma}_B = \frac{B_B}{W_{CE3}} = \frac{400000}{100} = 4000 \text{ грн/га;}$$

- проектний

$$K^n_B = \frac{400000}{100} = 4000 \text{ грн/га.}$$

Сівалка:

- базовий

$$K^{\sigma}_B = \frac{160000}{100} = 1600 \text{ грн/га;}$$

- проектний

$$K^n_B = \frac{165000}{100} = 1650 \text{ грн/га.}$$

Всього:

- базовий

$$K^{\sigma}_B = 4000 + 1600 = 5600 \text{ грн/га.}$$

- проектний

$$K^n_B = 4000 + 1650 = 5650 \text{ грн/га.}$$

Приведені витрати на 1 га:

$$П_6 = E_6 + 0,15 \cdot K_6,$$

- базовий

$$P_e^o = 1007,87 + 0,15 \cdot 5600 = 1847,87 \text{ грн./га.}$$

- проектний

$$P_e^m = 1012,67 + 0,15 \cdot 5650 = 1860,17 \text{ грн./га.}$$

Приведені витрати на весь обсяг робіт:

- базовий

$$P_{e\Sigma}^o = P_e \cdot W_{сез} = 1847,87 \cdot 100 = 184787 \text{ грн.}$$

- проектний

$$P_{e\Sigma}^m = P_e \cdot W_{сез} = 1860,17 \cdot 100 = 186017 \text{ грн.}$$

Згідно експериментальних досліджень (розділ 4) врожайність озимої пшениці при використанні сівалки точного висіву підвищилась на 5,5 ц/га. Враховуючи вартість пшениці (3500 грн./т) визначаємо вартість додаткової продукції, що вирощується на площі 100 га (192500 грн.).

Строк окупності додаткових капітальних витрат

$$N = \frac{165000 - 160000}{191270} = 0,1.$$

Таблиця 6.2.

Техніко-економічні показники впроваджуваного проекту

№	Показники	Варіант	
		базовий	проект
1	Вид роботи	Сівба	
2	Обсяг роботи, га	100	100
3	Склад агрегата: трактор сівалка	МТЗ-82 АСТРА-6	МТЗ -82 АСТРА-6
4	Продуктивність, га/год	3,4	3,4
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	29,41	29,41
6	Кількість обслуговуючого персоналу -трактористів-машиністів -допоміжних працівників	1 -	1 -
7	Витрати праці, люд.·год/га	29,41	29,41
8	Тарифний розряд роботи	V	V
9	Тарифна ставка, грн/год	15	15
10	Норма витрати пального, кг/га	8,7	8,7

№	Показники	Варіант	
		базовий	проект
11	Балансова вартість, грн:		
	- трактора	400000	400000
	- машини	160000	165000
12	Комплексна ціна ПММ, грн/кг	50	50
13	Експлуатаційні витрати, грн/га у тому числі:	1007,87	1012,67
	а. Основна і додаткова заробітна плата	7,2	7,2
	б. Амортизаційні відрахування:		
	- трактор	17,64	17,64
	- машина	22,59	23,29
	- всього	40,23	40,93
	в. Витрати на ПММ	61,2	61,2
	г. Витрати на ТО, ПР, зберігання,		
	- трактора	768,04	768,04
	- машина	131,20	135,30
	- всього	899,24	903,34
14	Капітальні вкладення, грн/га	5600	5650
15	Приведені затрати, грн/га	1847,87	1860,17
	На весь обсяг роботи, грн	184787	186017
16	Урожайність вирощуваної культури, ц/га	45	50,5
17	Річний економічний ефект, грн		191270
18	Строк окупності, років		0,1

Аналіз отриманих даних показує, що застосування сівалки точного висіву підвищує врожайність озимої пшениці на 5,5 ц/га, дозволяє отримати економічний ефект в розмірі 191270 грн. за рахунок зменшення норми висіву насіння, рівномірного розміщення насіння на площі поля та приросту врожайності.

Як показують розрахунки, спроектований агрегат має хорошу ефективність і його можна рекомендувати до впровадження.

ЗАГАЛЬНІ 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.

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

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

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

5. Теоретичними і експериментальними дослідженнями встановлено, що найбільш висока рівномірність висіву 99,94% насіння запропонованим апаратом забезпечується при таких параметрах: мінімально-допустимий радіус нижнього кола розміщення комірок 0,12 м, 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 рад/с, що відповідає робочій швидкості сівалки 4 м/с, глибина розрідження - 450 Па, а висота зернового шару насіння в бункері може опускатись до мінімально-допустимого рівня $h = 0,03$ м.

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

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.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Булгаков В.М. Плоскі вертикальні криві, що забезпечують постійні тиск і швидкість руху матеріальної точки. / Булгаков В.М., Пилипака С.Ф., Яропуд В.М., Захарова Т.Н, Калетнік Г.М. / Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях». ВНАУ. 2019 р. - Вип. 1 (73).
2. Булгаков В.М. Теоретична механіка. Посібник для практичних занять. / В.М. Булгаков, В.В. Бурлака, Г.М. Калетнік, І.Є. Кравченко, С.І. Кучеренко, Д.І. Мазоренко, Л.М. Тіщенко. - Вінниця: Нова книга, 2020. 667 с.
3. Булгаков В.М. Теоретичне дослідження збурених гармонійних коливань у вібраційних приводах машин / В.В. Адамчук, Г.М. Калетнік, В.М. Булгаков, О.М. Черниш // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях» №2 (82) 2019. С.5-9.
4. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник / [Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.]; за ред. Д.Г. Войтюка. - К.: Вища освіта, 2005. 464 с
5. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / [Д.Г. Войтюк, В.М., В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. - К.: Вища освіта, 2004. 544 с.
6. Гарькавий А.Д. Конкурентоспроможність технології машин: навчальний посібник / А.Д. Гарькавий, В.Ф. Петриненко, А.В. Спирін. - Вінниця: ВДАУ - „Тірас”. - 2018. 68 с.
7. Гунько І.В. Енергоощадні безконтактні методи діагностування показників технічного стану мобільної сільськогосподарської техніки / І.В. Гунько, Л.Г. Коваль // Техніка, енергетика, транспорт АПК. - №3 (95). - Вінниця. - 2019. С. 89-93.
8. Дубчак В.М. Вища математика в прикладах та задачах. Навчальний посібник / В.М. Дубчак, В.М. Пришляк, Л.І. Новицька. - Вінниця: ВНАУ, 2018. 254 с.
9. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин: У 2 т. - Т. 1.

Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. - Харків: ОКО, 2011. 443 с.

10. Іванов М.І., Гунько І.В., Ковальова І.М., Худолій О.І. Аналіз технологічних систем. Навчальний посібник. Частина 1. Вінниця.2018. 113с.

11. Калетнік Г. М. Математичне моделювання руху скиби ґрунту по площині косоного клина / Г. М. Калетнік, В. М. Пришляк, В. М. Яропуд, В.М. Булгаков, С. Ф. Пилипака // Вібрації в техніці та технологіях. - 2018. - № 4. С. 27-36.

12. Калетнік Г. М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість [Текст]: підручник / Г. М. Калетнік, М. Г. Чаусов, В. М. Швайко *[та ін.]...М-во аграр. політики України, Вінниц. держ. аграр. ун-т;. - Київ: Хай-Тек Прес, 2019. 616 с.

13. Калетнік Г. М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість [Текст]: підручник....за ред. Г. М. Калетніка, М. Г. Чаусова. - Київ: Хай-Тек Прес, 2019. 528 с.

14. Калетнік Г.М. Технічна механіка. Підручник. Калетнік Г.М., Булгаков В.М., Черниш О.М., Кравченко І.Є., Солоня О.В., Цуркан О.В. - К.: «Хай-Тек Прес», 2021. 340 с.

15. Павленко В.С. З'єднання в машинобудуванні: Навч. Посібник / В.С. Павленко, І.П. Паламарчук, О.В. Цуркан, Ю.А. Полевода / За ред.. В.С. Павленка. - Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2015. 110 с.

16. Павленко В.С., Цуркан О.В., Кравченко І.Є., Любін М.В. Пасові передачі. Теорія, розрахунки, конструювання: Навчальний посібник / За ред...В.С. Павленка. - К.: «Хай-Тек Прес», 2011. 140 с.

17. Павленко В.С., Цуркан О.В., Кравченко І.Є. Підшипники кочення. Вибір за статичною та динамічною вантажопідйомністю, конструювання підшипникових вузлів: Навчальний посібник / За ред.. В.С. Павленка. - К.: «Хай-Тек Прес», 2012. 128 с.

18. Пономаренко Н.О. Аргументація середньої відстані пробігу пересувних засобів технічного обслуговування машин [Текст] / Н.О. Пономаренко, В.Ю. Ільченко, В.М. Яропуд, А.І. Усенко // Всеукраїнський

науково - технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» / Редколегія: Калетнік Г.М.. - Вінниця, 2016. - №3 (95) С. 63-66.

19. Сивак Р.І. Короткий курс теоретичної механіки / Р.І. Сивак, І.А. Деревенько. - Вінниця: ТОВ «Вінницька міська друкарня», 2016 200 с.

20. Сисолін, П.В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи конструкція, проектування: Підруч. Для студент вищ. навч. закл. із спец. «Машини та облад. с.-г. вир-ва» / За ред. М.І. Черновола. Кн.1. Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний. - К.: Урожай, 2021. 384 с

21. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. - К.: Вища освіта, 2015. 464 с

22. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладн. с.-г. вир-ва» / За ред. Черновола М.І. Кн. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.О. Сало, В.М. Кропівний. - К.: Урожай, 2021. 384 с.

23. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 2: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, Т.І. Рибак, В.О. Сало / За ред. Черновола М.І. - К.: Урожай, 2012. 364 с.

24. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 3: Машини та обладнання для переробки зерна та насіння / П.В. Сисолін, М.М. Петренко, М.О. Свирень / За ред. Черновола М.І. - К.: Фенікс, 2017 432 с.

25. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. - К.: Вища освіта, 2014. 544 с

26. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. - К.: Вища освіта, 2004. 544 с.

27. Солоня О.В. Прикладна механіка. Методичні рекомендації для виконання практичних робіт / О.В. Солоня, І.М. Купчук - Вінниця: ВНАУ,

2017. 116 с.

28. Солоня О.В. Прикладна механіка. Методичні рекомендації для виконання курсового проекту / О.В. Солоня, І.М. Купчук, В.І. Паламарчук. - Вінниця: ВНАУ, 2017. 84 с.

29. Солоня О.В. Технічна механіка. Методичні рекомендації для виконання практичних робіт / О.В. Солоня, І.М. Купчук - Вінниця: ВНАУ, 2017. 84 с.

30. Солоня О.В., Купчук І.М. Теорія механізмів і машин. Курсове проектування. Навчальний посібник. - Вінниця, 2019. 254 с.

31. Чусов М.Г. Основи Інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість / Чусов М.Г., Калетнік Г.М., Швайко В.М., Пришляк В.М., Пилипенко А.П., Бондар М.М. // Підручник -К.: «Хай-Тек Прес», 2021. 616 с.

32. Чаусов М.Г. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість / Чаусов М.Г., Калетнік Г.М., Швайко В.М., Пришляк В.М., Пилипенко А.Г., Бондар М.М. // Підручник –Київ: «Хайт-Тек Прес», 2017. 528 с.

ДОДАТКИ

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Інженерно - технологічний факультет

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО - ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
ПНЕВМАТИЧНОГО ВІСІВНОГО АПАРАТУ СІВАЛКИ АСТРА -6

Магістерська кваліфікаційна робота на здобуття
освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 208 Агроінженерія

Виконав: студент групи МГІз-1-22
Віталій ЯВОРСЬКИЙ
Керівник: к.т.н., доцент
Наталія ПОНОМАРЕНКО

Дніпро - 2024

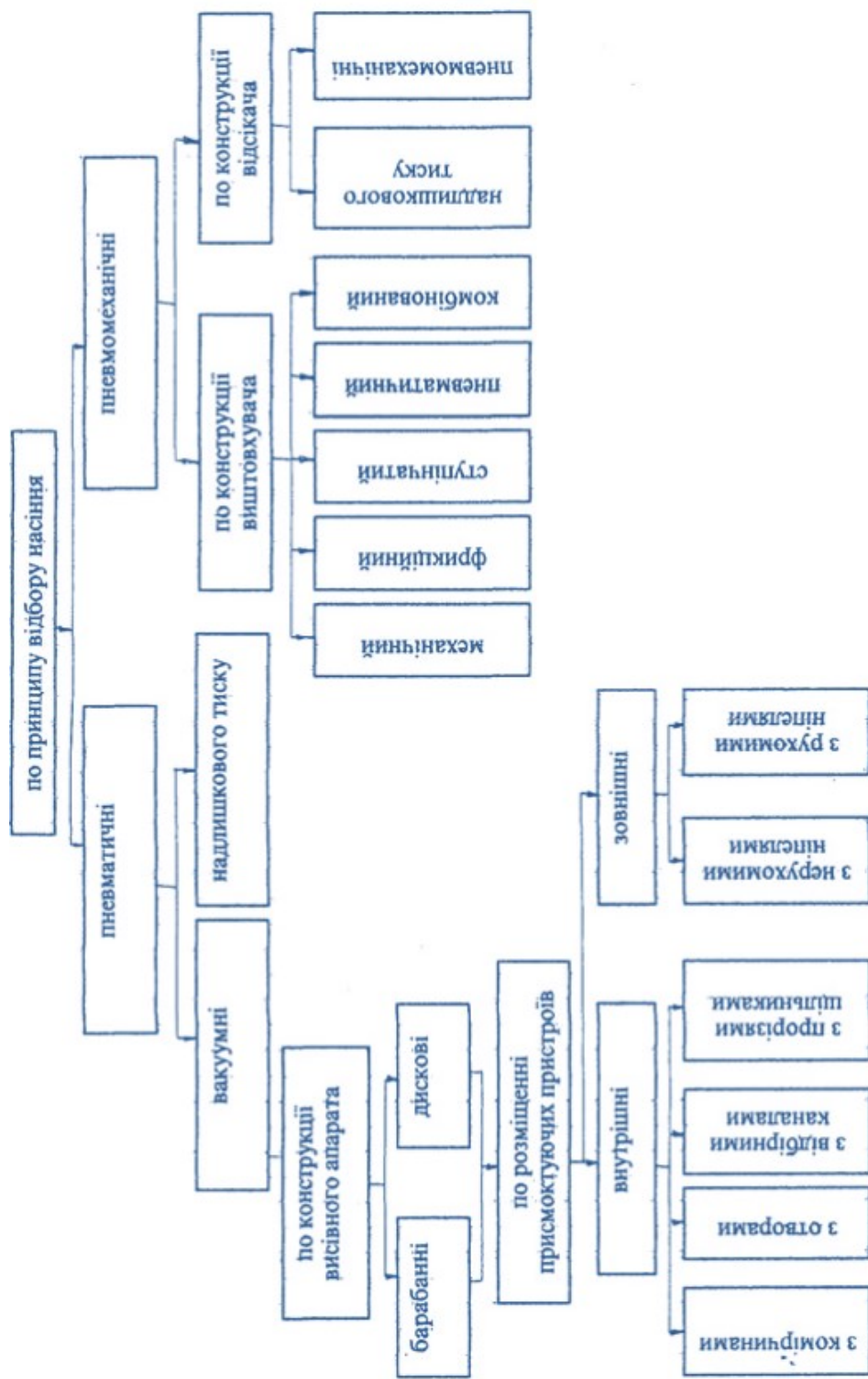
Метою магістерської роботи є розробка та дослідження технологічного процесу однозернового висіву насіння зернових колосових культур пневматичним висівним апаратом точного висіву та механіко-технологічне обґрунтування його параметрів.

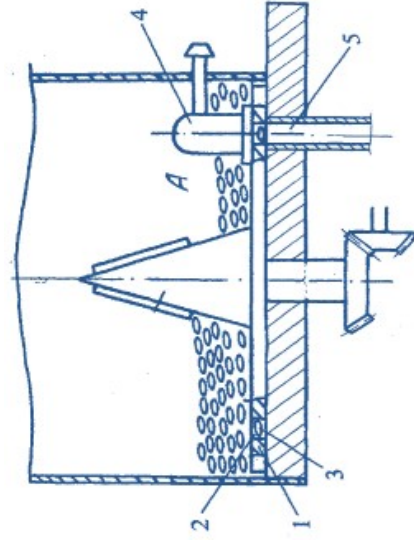
Задачі дослідження

1. Теоретично встановити закономірності процесу заповнення комірок висівного апарата насінням та їх утримання під час транспортування в зону висіву.
2. Визначити вплив конструктивних і технологічних параметрів висівного апарата на процес рівномірності висіву насіння зернових колосових культур.
3. 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.

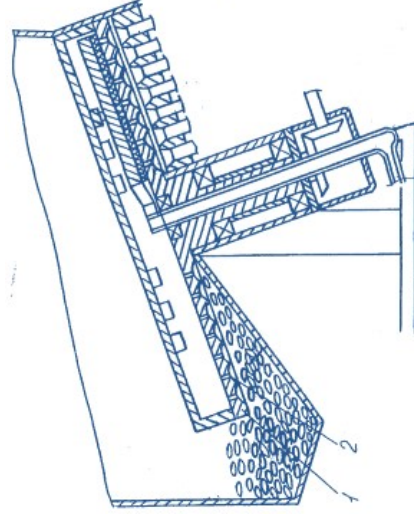
Класифікація апаратів точного висіву зернових колюсових культур

3

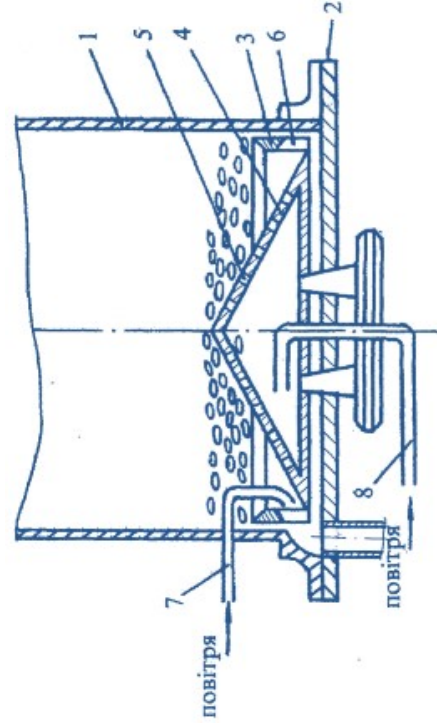




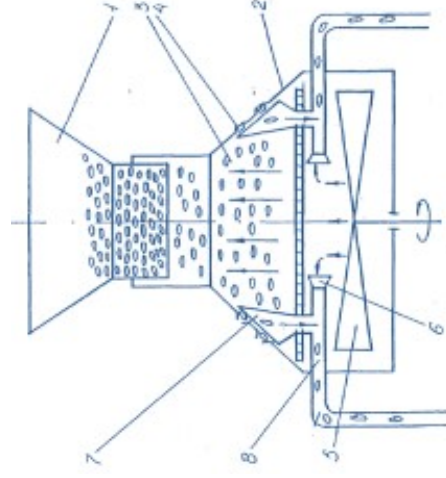
Дисковий пневмомеханічний апарат



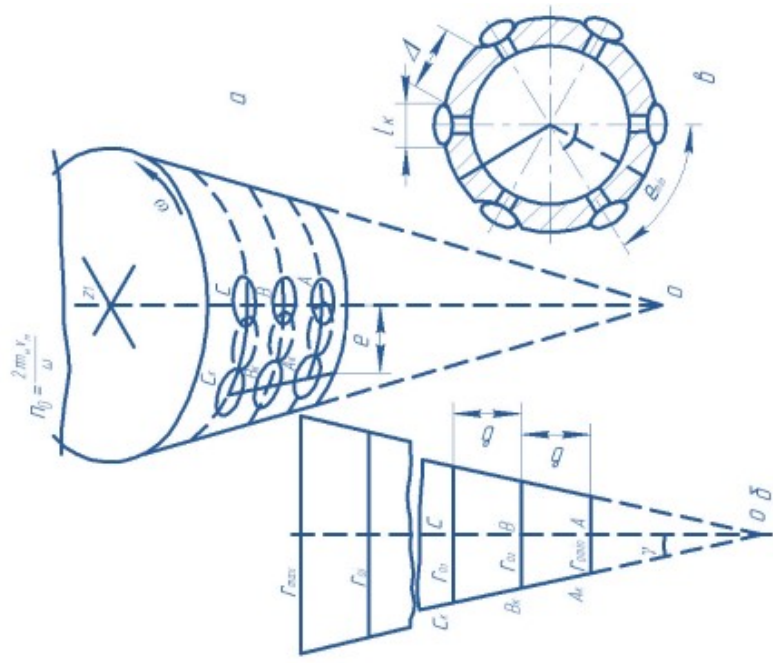
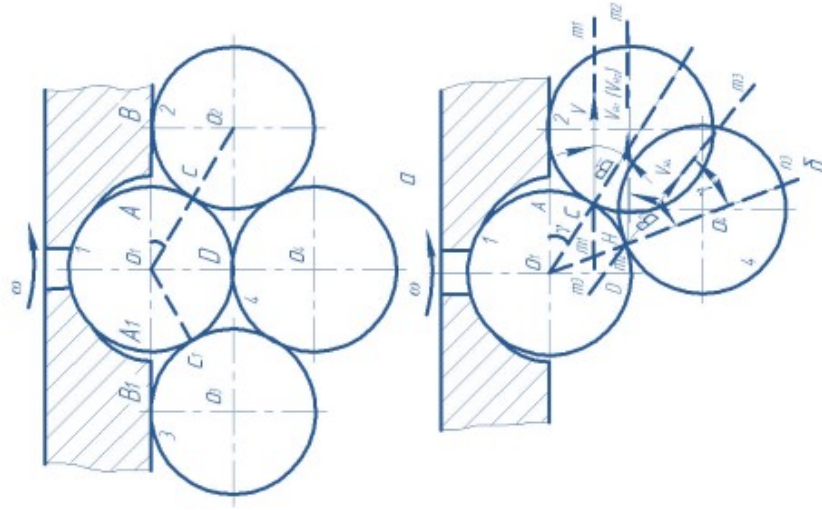
Пневмомеханічний висівний апарат



Висівний апарат з внутрішнім заповненням



Висівний апарат з конічним висівним елементом



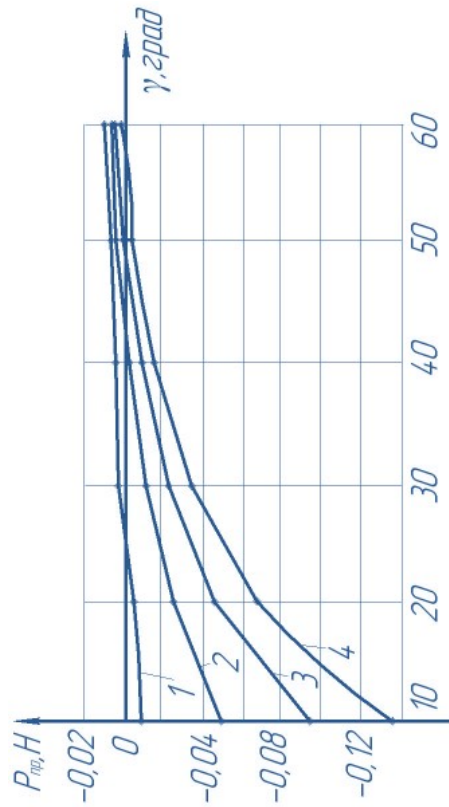
Характер в засмодії між насінням:

- а) найбільш вірогідне розміщення насіння біля комірки;
- б) швидкості точок контакту насіння.

Розміщення комірки на кінчній поверхні висівного елемента.

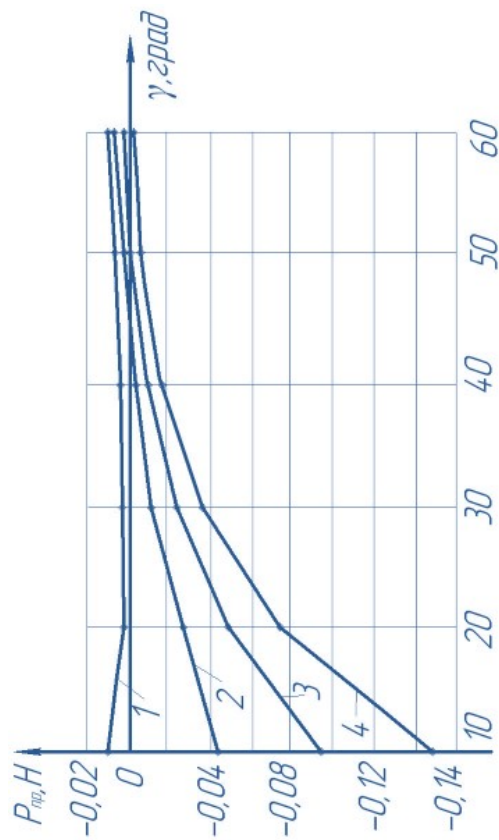
Теоретичні дослідження конструктивно-технологічних параметрів висівного апарату

6



Графічна залежність сили присмокт ування $P_{пр}$ від кута у нахилу твірної конічного висівного елемента при змінній висоті A зернового шару в бункері і кутовій швидкості дорівнює 3 рад/с обертання висівного елемента:

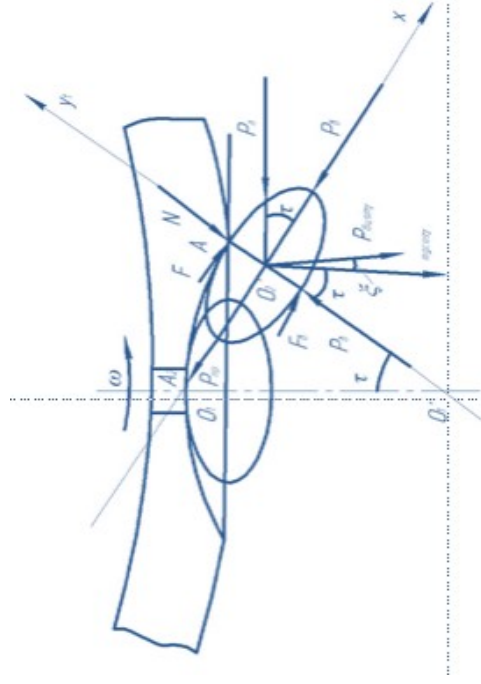
1 - $A_1 - 0,1 \text{ м}$; 2 - $A_2 - 0,2 \text{ м}$;
3 - $A_3 - 0,3 \text{ м}$; 4 - $A_4 - 0,4 \text{ м}$



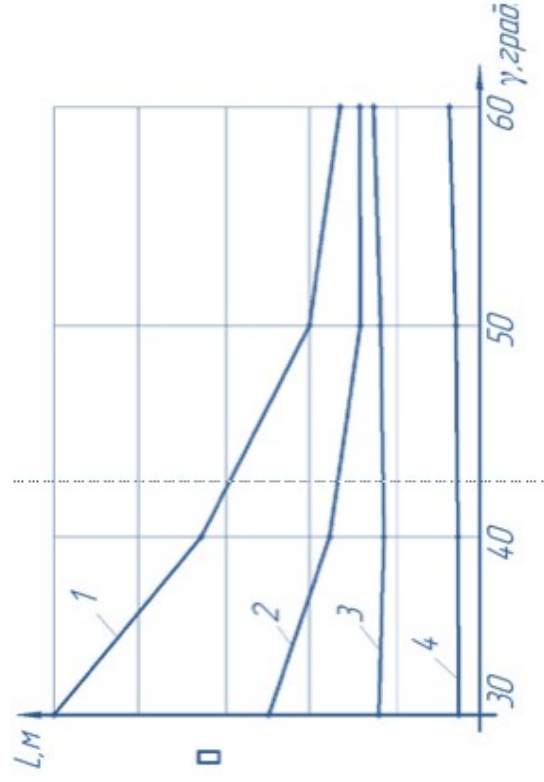
Графічна залежність сили присмокт ування $P_{пр}$ від кута у нахилу твірної конічного висівного елемента при змінній висоті A зернового шару в бункері і кутовій швидкості дорівнює 4 рад/с обертання висівного елемента:

1 - $A_1 - 0,1 \text{ м}$; 2 - $A_2 - 0,2 \text{ м}$;
3 - $A_3 - 0,3 \text{ м}$; 4 - $A_4 - 0,4 \text{ м}$

Схема сил дії на насініну при входженні в комірку апарату 7



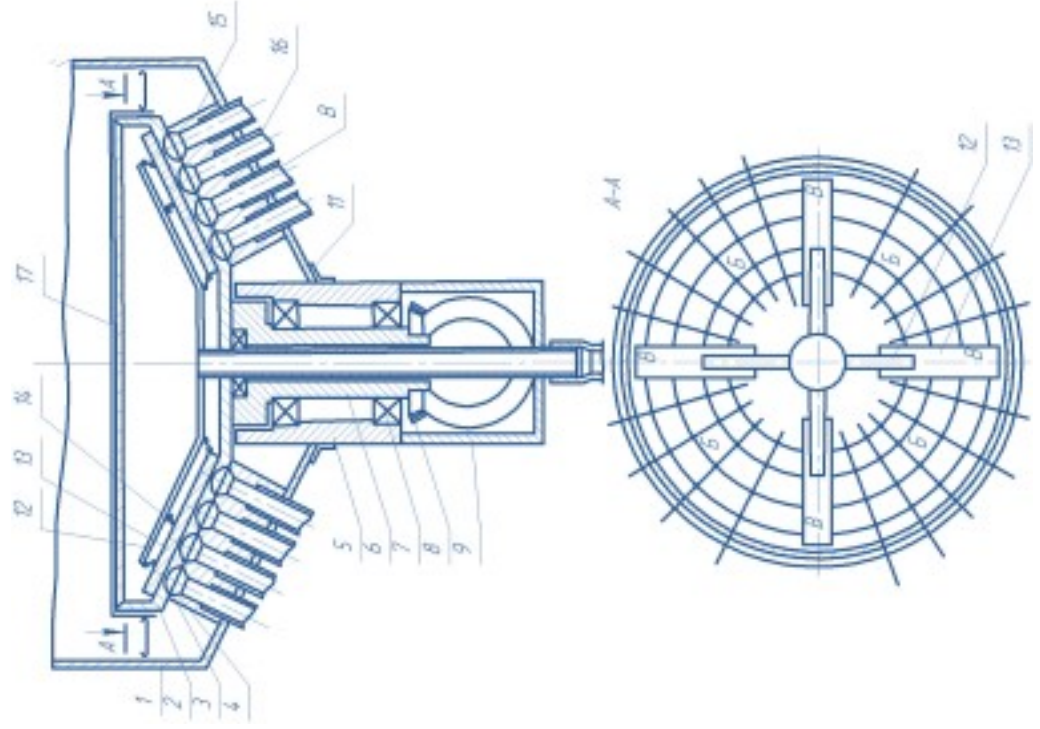
Графічна залежність довжини дуги L
 сектора заповнення комірки насіниною
 від кута γ нахилу твірної кіничного
 висівного елемента при різних значеннях
 кутової швидкості ω його обертання



- 1 - $\omega = 6$ рад/с;
- 2 - $\omega = 5$ рад/с;
- 3 - $\omega = 4$ рад/с;
- 4 - $\omega = 3$ рад/с.

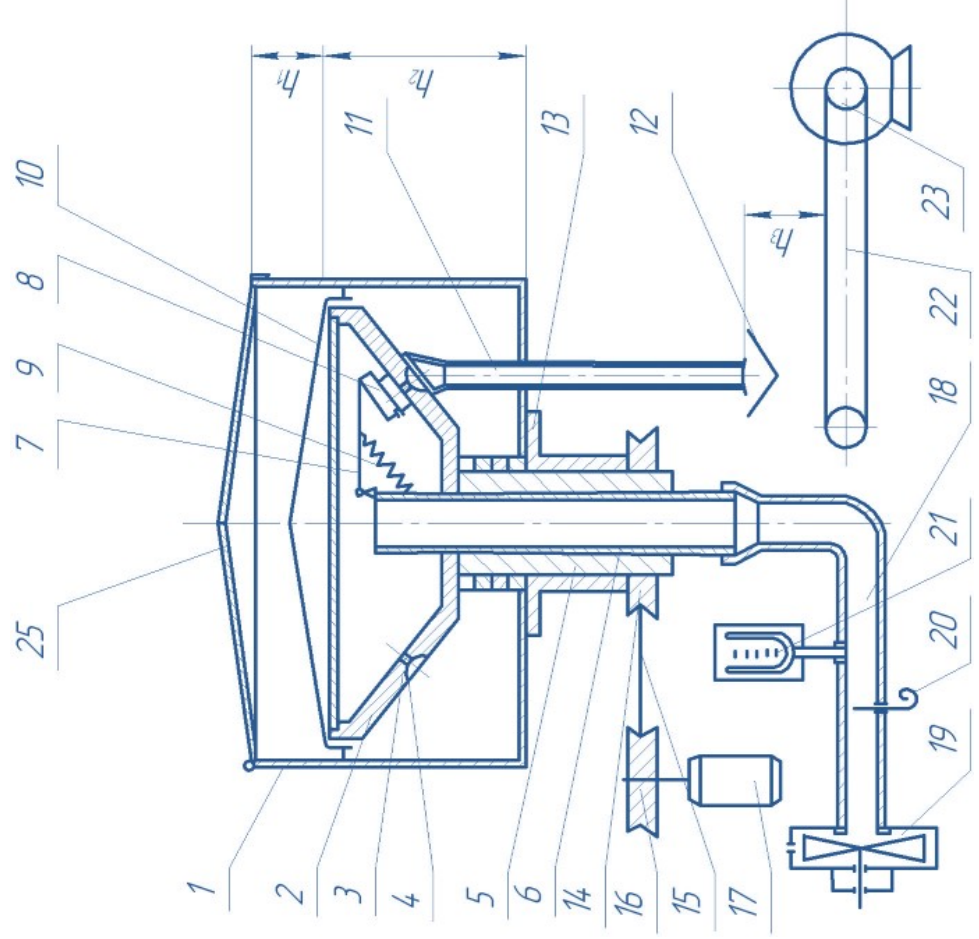
Принципова схема пневматичного висівного апарата

8



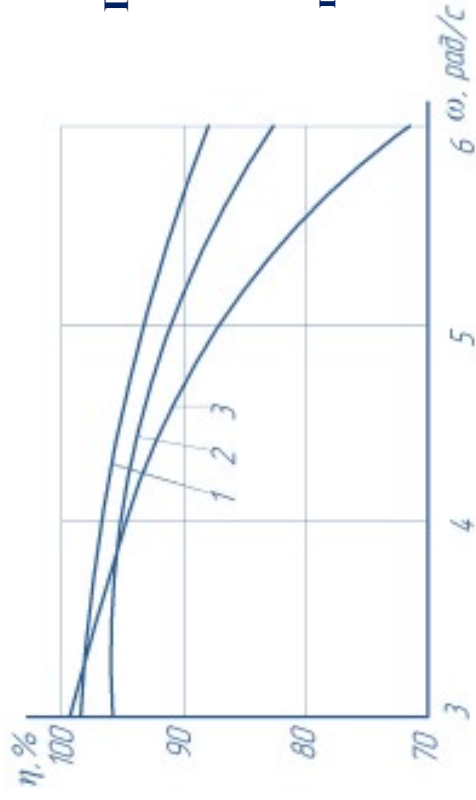
- 1 - бункер для насіння;
- 2 - кінцевий висівний елемент;
- 3 - напівсферичні комірочки;
- 4 - наскрізні канали;
- 5 - корпус;
- 6 - цапфа;
- 7 - радіальні підшипники;
- 8 - шестерня;
- 9 - редуктор;
- 10 - патрубок;
- 11 - підшипник;
- 12 - кронштейн;
- 13 - променерозхідні пластини;
- 14 - насінневлловач;
- 15 - насіннепровід;
- 16 - кожух.

Схема лабораторної установки для визначення конструктивно-технологічних параметрів висівного апарата



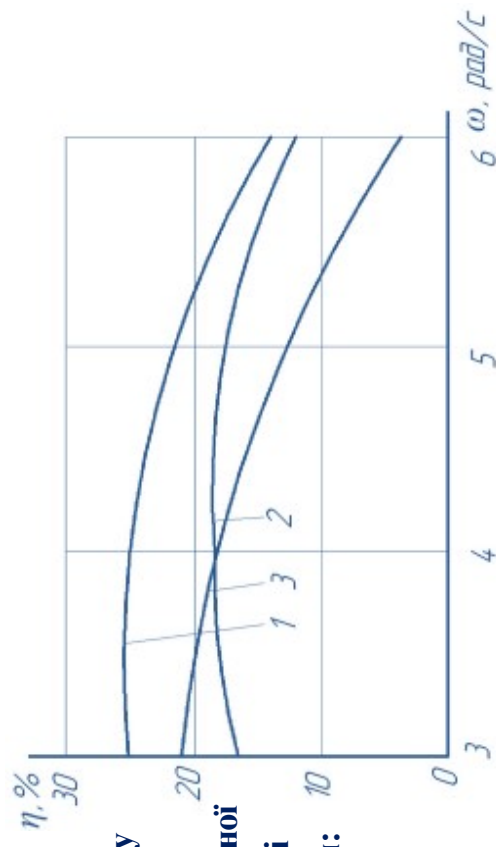
Результати експериментальних досліджень

10



Графік на залежність рівномірності висіву насіння пшениці від кутової швидкості обертання висівного елемента для еліпсоїдної комірки з розміщенням її по здовжньої осі з напрямком обертання:

1 - пшениця, 2 - жито, 3 - ячмінь



Графічна залежність рівномірності висіву насіння пшениці від кутової швидкості обертання висівного елемента для еліпсоїдної комірки з розміщенням її по здовжньої осі перпендикулярно до напрямку обертання:

1 - пшениця, 2 - жито, 3 - ячмінь.

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 кінцевим висівним елементом встановленим на вертикальній осі і направленим вістрям до поверхні поля.
2. Теоретично доведено, що величина сили присмокування насінини до комірки залежить як від фізико-механічних властивостей насіння зернових колосових культур так і від технологічних, A) і конструктивних параметрів висівного апарата.
3. Встановлено, що при зменшенні висоти h зернового шару в бункері до $0,1\text{ м}$ і кутовій швидкості обертання висівного елемента до 3 рад/с насінина надійно утримується в комірці і транспортується до зони розвантаження без присмоктуючої сили.
4. З метою забезпечення стовідсоткового заповнення комірок насінням висота забірної камери під нижньою основою повинна становити не менше $0,05\dots 0,06\text{ м}$, а довжина дуги сектора обхвату висівного елемента на найменшому колі розміщення комірок - не менше $0,12\text{ м}$.
5. Теоретичними і експериментальними дослідженнями встановлено, що найбільш висока рівномірність висіву $99,94\%$ насіння запропонованим апаратом забезпечується при таких параметрах: мінімально-допустимий радіус нижнього кола розміщення комірок $0,12\text{ м}$, 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 рад/с , що відповідає робочій швидкості сівалки 4 м/с , глибина розрідження - 450 Па , а висота зернового шару насіння в бункері може опускатись до мінімально-допустимого рівня $h = 0,03\text{ м}$.
7. Розроблена методика інженерного розрахунку висівного апарата дозволяє достатньою точністю визначити основні конструктивно-технологічні параметри кінцевого висівного елемента такі як радіуси кіл і крок розміщення комірок та їх кількість, глибину розрідження.
8. Результати проведених випробувань показали, що в порівнянні з рядовим висівом точний розподіл насіння при нормі висіву $1,1\text{ млн. шт./га}$ забезпечив приріст врожаю зерна на $5,5\text{ ц/га}$.