

О. Васильковський, С. Лещенко,  
К. Васильковська, Д. Петренко

# **ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

*Перші наукові кроки*

**Навчальний посібник  
для студентів  
агротехнічних спеціальностей**

Рекомендовано Вченою радою  
Центральноукраїнського національного  
технічного університету,  
протокол № 11 від 04.06.2019 р.

О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, К.В. Васильковська, Д.І. Петренко. Основи наукових досліджень. Перші наукові кроки. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. Харків. 2019.- 164 с.

Рецензенти:

- Свірень М.О., доктор технічних наук, професор (Центральноукраїнський національний технічний університет);
- Котов Б.І., доктор технічних наук, професор (Національний університет біоресурсів і природокористування);
- Мороз М.М., доктор технічних наук, професор (Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського)

Для студентів агротехнічних спеціальностей.

У навчальному посібнику викладені основні аспекти науково-технічної діяльності людини у сфері сільськогосподарського машинобудування.

Посібник може бути корисним студентам, аспірантам та іншим науковцям, які роблять перші наукові кроки в галузі дослідження робочих органів сільськогосподарських машин.

# ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Розділ 1. НАУКА. ОСНОВИ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ.....	6
1.1. Загальні поняття. Визначення.....	6
1.2. Науково-технічна діяльність.....	12
<i>Наукові кадри.....</i>	13
<i>Винаходи.....</i>	16
<i>Науково-дослідні роботи.....</i>	24
<i>Способи вирішення наукових та практичних задач.....</i>	29
1.3. Теоретичні дослідження.....	32
1.4. Моделі досліджень.....	35
1.5. Експериментальні дослідження.....	41
<i>Точність вимірів.....</i>	44
<i>Проведення однофакторного експерименту.....</i>	46
<i>Мінімальна обробка експериментальних даних.....</i>	49
<i>Оформлення результатів експериментів.....</i>	50
<i>Формулювання загальних висновків.....</i>	52
1.6. Цитування, посилання та оформлення списку використаних джерел.....	53
1.7. Апробація результатів досліджень.....	56
1.8. Публікація результатів досліджень.....	57
1.9. Наукометричні бази даних.....	60
Розділ 2. МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	64
2.1. Проведення досліджень у ґрунтообробці.....	65
2.2. Визначення властивостей насіннєвого матеріалу.....	108
2.3. Визначення якості висіву насіння пневмомеханічними висівними апаратами.....	111
2.4. Визначення характеристик решітної та повітряної сепарації зерна.....	115
Розділ 3. ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ.....	126
ЛІТЕРАТУРА.....	152
ДОДАТКИ.....	153
ПІСЛЯМОВА.....	163

# ВСТУП

Україна має великий потенціал у виробництві сільськогосподарської продукції, оскільки має унікальні за родючістю ґрунти та сприятливі кліматичні умови. Сільськогосподарські угіддя займають близько 40 млн. гектарів, або 70% загального фонду країни, з них, близько 79% займають орні землі і багаторічні насадження, 13% – пасовища, 8,5% – сінокоси.

Ефективне і бережливе використання природних ресурсів при вирощуванні продукції рослинництва залежать, в першу чергу, від культури землеробства – обґрунтованого використання ефективної сільськогосподарської техніки. Ефективність машин визначається рівнем досконалості їх робочих органів, яка виявляється безпосередньо при взаємодії з оброблюваним матеріалом – ґрунтом, добривами, насінням, вирощеним врожаєм і т.д. Тож основною задачею промислових підприємств, що працюють у галузі виробництва сільськогосподарської техніки є забезпечення селян машинами і знаряддями, оснащеними досконалими робочими органами.

Створення конструкцій, механізмів, вузлів, деталей робочих органів починається в конструкторських відділах заводів, шляхом їх проектування – реалізації творчих думок конструктора на кресленнях. Однак якими б довершеними не здавались конструкції створені за теоретичними задумками, робота в реальних умовах, багата на випадкові, непрогнозовані фактори вносить свої корективи в поведінку робочих органів сільськогосподарських машин і може частково або повністю нівелювати закладені конструктором характеристики. При цьому матеріально-технічні ресурси, а також час, витрачені на створення дослідного зразка

будуть безповоротно втраченими, що, в сучасних економічних умовах безперечно зіграє на користь конкуруючих підприємств.

Ефективним вирішенням задачі створення досконалих робочих органів є організація на підприємстві експериментальних науково-дослідних ділянок по виготовленню, вивченню та дослідженню поведінки спроектованих конструкцій, для їх доробки з урахуванням встановлених реальних експлуатаційних характеристик. Інший шлях вирішення поставленої задачі базується на організації співпраці з колективами науково-дослідних інститутів або інших відповідних установ, які візьмуть на себе роботу по визначенню оптимальних параметрів робочих органів, виробленню і формулюванню конкретних пропозицій для впровадження у виробництво.

Таким чином, однією з найбільш важливих і відповідальних ланок у виробництві сучасної, ефективної, конкурентоздатної сільськогосподарської техніки є науково-дослідна ланка, яка має бути забезпечена кваліфікованими кадрами, обізнаними у сфері засобів механізації сільського господарства, агротехніки та володіти основами проведення наукових досліджень.

Посібник створено для допомоги студентам агротехнічних спеціальностей під час вивчення курсу «Основи наукових досліджень» і може використовуватись при виконанні дослідницького розділу магістерських кваліфікаційних робіт.

## Розділ 1

# НАУКА. ОСНОВИ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ

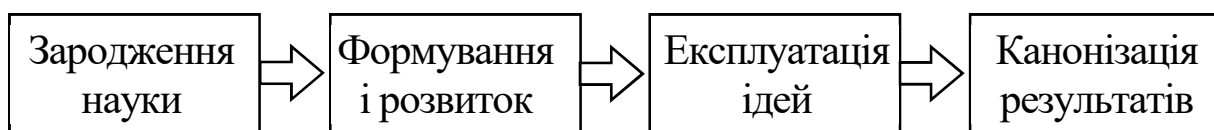
### 1.1. Загальні поняття. Визначення

Знання задля знання – таке визначення вперше дав науці Аристотель, який вважав її вищою метою існування людства. На сьогоднішній день поняття «наука» має велику кількість визначень. Аналізуючи їх можна дійти до висновку, що наука – це система знань про закономірності розвитку природи, суспільства тощо та способах впливу на них. Однією з основних задач науки є не тільки точний і системний опис явищ, а й прогнозування їх подальшого розвитку.

Метою науки є пізнання законів розвитку природи, суспільства тощо та дія на них на основі використання знань для отримання корисних суспільству результатів.

Наука розвивається безперервно. Розвиток науки починається зі збирання та накопичення цікавих досліднику фактів, з подальшим їх вивченням, систематизацією, узагальненням і розкриттям окремих закономірностей, які стають основою зв'язаної, логічно побудованої системи наукових знань, що дозволяє пояснити відомі факти і явища та з великою долею ймовірності спрогнозувати появу, розвиток і протікання нових.

Таким чином можна виділити чотири етапи розвитку науки.



Зародження науки найчастіше відбувається в процесі створення засобів праці, матеріальних об'єктів, духовних

цінностей тощо, оскільки саме в цей період часу виникають питання урегулювання взаємодії кількох факторів, що впливатимуть на виконуваний ними процес. Саме тут постають проблеми, як зробити якісніше, продуктивніше, довговічніше, дешевше і т.д.

Етап формування і розвитку характеризується бурхливим накопиченням інформації про досліджуваний об'єкт на основі всебічного вивчення його властивостей, характеристик тощо, публікації та обговорення результатів досліджень на конференціях, симпозіумах, нарадах у колах спеціалістів.

Період проходження етапу експлуатації ідей характеризується поступовим затуханням зацікавленості проблемою, оскільки вона здається всебічно вивченою, хоча періодично авторам вдається виявити нові грані явища, шляхом застосування оригінальних підходів до розв'язку задач.

Час канонізації результатів – це період трансформації їх з розряду революційних, оригінальних, нових до класики. Ця трансформація супроводжується поступовим переходом ідей, підтверджених і закріплених результатами, до навчальних посібників, підручників тощо. Часто останній етап розвитку науки в одній галузі постає початком розвитку в іншій, або призводить до поєднання кількох самостійних і утворення абсолютно нової галузі наукового пізнання.

Систематизація і узагальнення фактів відбувається за допомогою найпростіших абстракцій – понять та визначень, що є важливими структурними елементами науки. Початковою формою систематизації знань є постулати і аксіоми (в релігії – догмати або догми). Постулати і аксіоми не потребують доведень. Вони є основою, на якій базуються знання. Найбільш широкі і загальні поняття називають категоріями.

Важливою складовою ланкою в системі наукових

знань є наукові закони. Вони відбивають найбільш суттєві, стійкі об'єктивні внутрішні зв'язки у властивостях матеріальних об'єктів, явищах природи, суспільстві та думках.

Вищою формою узагальнення і систематизації знань є теорія. Теорія – це вчення про узагальнений досвід (практику), що формулює наукові принципи і методи, які дозволяють пізнати існуючі процеси і явища, проаналізувати дію на них різних факторів і запропонувати рекомендації по використанню їх у практичній діяльності людей. Вона є уявним відображенням, яке відтворює реальну дійсність.

Методи досліджень також є однією з найбільш важливих складових частин науки. Метод – це спосіб досягнення поставленої мети під час проведення дослідження будь-якого явища або процесу. Метод визначає необхідність і місце застосування індукції або дедукції, аналізу або синтезу, порівняння результатів теоретичних і експериментальних досліджень.

У випадках, коли вчені не мають в достатній кількості фактів, але інтуїтивно передбачають майбутній розвиток явищ або процесів, то в якості засобу досягнення наукових результатів вони використовують гіпотезу.

Гіпотеза – це недоведене науково обґрунтоване припущення, що висувається для пояснення будь-якого процесу або явища. У процесі пізнання кожна гіпотеза підлягає перевірці, в результаті якої вона може виявитись істинною або хибною. Якщо гіпотеза виявляється істинною, тобто узгоджується з фактами, спостереженими в результаті досліджень, то її називають теорією, або законом. Тобто, часто гіпотеза виступає, як початкове формулювання – чорновий варіант закону, що відкривається.

В процесі накопичення фактів одна гіпотеза може бути замінена іншою, якщо виявлені нові факти



неможливо пояснити первинною гіпотезою, або суперечать їй. Хоча іноді первинну гіпотезу не відкидають, а лише виправляють, уточнюють або доповнюють. Більшість наукових законів було сформульовано на основі раніше висловлених гіпотез.

Основною формою розвитку науки є наукове дослідження – вивчення за допомогою наукових методів явищ і процесів, аналіз впливу на них різних факторів, а також вивчення взаємодії між явищами з метою отримання доведених корисних для науки і практики рішень з максимальним ефектом.

Основою розробки будь-якого наукового дослідження є методологія – сукупність методів, способів, прийомів та їх певна послідовність, прийнята при його розробці. Це обґрунтований попередньо складений план дій, направлений на чітке і вичерпне вирішення поставлених задач.

Задачі досліджень можуть бути теоретичними, емпіричними або комбінованими – теоретико-емпіричними.

Теоретичні задачі направлені на виявлення і вивчення причин, зв'язків, залежностей, що дозволяють встановити поведінку об'єкту, визначити і вивчити його структуру, характеристику на основі розроблених в науці принципів і методів пізнання. В результаті отриманих знань формулюють закони, розробляють теорію, перевіряють факти та інше.

Теоретичні задачі бажано формулювати так, щоб їх можна було перевірити емпірично (дослідно).

Емпіричні задачі направлені на виявлення, точний опис та детальне вивчення явищ і процесів. В наукових дослідженнях вони можуть вирішуватися спостереженням та експериментом.

Спостереження – це спосіб безпосереднього вивчення предметів, процесів, явищ за допомогою органів чуття без

втручання в них. Під час спостереження дослідники фіксують і виміряють лише властивості об'єкту, характер його зміни. Яскравим прикладом спостережень є фіксація протягом зміни: робочого часу, часу простоїв для ремонту, регулювання, переналагодження сільськогосподарської машини з метою визначення показників технологічної, оперативної, експлуатаційної та ін. продуктивності, коефіцієнтів готовності тощо.

Експеримент – це форма пізнання об'єктивної дійсності, під час якої вивчення явищ відбувається в доцільно вибраних або штучно створених умовах, що забезпечують появу тих процесів, спостереження яких необхідне для встановлення закономірних зв'язків між явищами. Експериментом перевіряється істинність гіпотез, адекватність теорій або виявляються закономірності об'єктивного світу. На відміну від спостереження, під час експерименту дослідник активно втручається в процес, що вивчається – змінює умови проведення досліду, межі варіювання, ізолює, послаблює або підсилює дію потрібних факторів. Прикладом експерименту може слугувати визначення якості розділення зернової суміші на решеті зерночисної машини. Так, під час експерименту дослідник встановлює закономірності просівання оброблюваного матеріалу, послідовно змінюючи подачу (продуктивність), режим роботи і кут нахилу решета, вологість і фракційний склад вихідної суміші тощо.

Будь-які наукові дослідження мають бути спрямовані на отримання корисних суспільству результатів.

Результати наукових досліджень оцінюють тим вище, чим вище науковість висновків і узагальнень, чим достовірніші вони і ефективніші. Висновки мають чітко, точно і глибоко викривати суть дослідженого явища або процесу. Вони повинні складати основу для нових наукових розробок.

Чим більш аргументовані, глибші висновки, тим вище науковий рівень науково-дослідної роботи.

Будь-яка науково-дослідна робота складається з наукових напрямків, проблем, тем та питань.

Науковий напрямок – це сфера наукових досліджень наукового колективу, що направлені на вирішення складних фундаментальних теоретично-експериментальних задач в певній галузі науки.

Проблема – це складна наукова задача, що охоплює значну область дослідження, має багато рівнозначних вирішень і має перспективне значення. Проблема складається з ряду тем.

Тема – більш дрібна наукова задача, що відноситься до певної області наукового дослідження, в результаті виконання якої відбувається розв'язання кількох наукових питань.

Тема наукового дослідження повинна відповідати наступним основним вимогам:

- актуальність – важливість, що потребує вирішення в даний час;
- повинна вирішувати нову наукову задачу;
- мати значимість і економічну ефективність;
- бути принципово новою – науковою, а не інженерною;
- відповідати профілю наукового колективу;
- бути здійсненою та впровадженою.

Питання – лаконічно і конкретно поставлена дрібна наукова задача, що має конкретний розв'язок шляхом імітації, моделювання або відтворення реального процесу відомими класичними або оригінальними способами.

В розвитку науки виділяють два напрямки: екстенсивний та інтенсивний.

Екстенсивний напрямок – це розвиток науки на старій, класичній основі, коли нові норми і ідеали цілком узгоджуються з відомими методами.

Інтенсивний напрямок являє собою злам основ

класичної науки, тобто створюються умови для виникнення наукових або науково-технічних революцій. Науково-технічні революції є науковим проривом у вирішенні задач, проблем тощо на якісно новому рівні. Їх часто називають «стрибком у майбутнє».

Супутником інтенсивного розвитку науки виступає парадокс – явище, факт або висловлювання, яке розходиться з відомим, загальноприйнятим судженням і здається нелогічним (часто лише при поверхневому сприйнятті). Парадокси завжди вражають несподіванкою. Вони породжують нові наукові проблеми. Знайти парадокс в науці – значить винайти об'єкти та предмети принципово нової системної складності.

Об'єкт дослідження – це процес або явище, що породжує проблемну ситуацію й обране для вивчення.

Предмет дослідження міститься безпосередньо в межах об'єкта.

Об'єкт і предмет дослідження як категорії наукового процесу співвідносяться між собою як загальне і часткове. В об'єкті виділяється та його частина, яка є предметом дослідження. Саме на нього має бути спрямована основна увага дослідника, оскільки предмет дослідження є визначальним під час формулювання теми науково-дослідної роботи.

## **1.2. Науково-технічна діяльність**

Поняття науково-технічної діяльності визначено у Законі України «Про наукову та науково-технічну діяльність» від 26.11.2015 № 848-VIII.

Науково-технічна діяльність – це інтелектуальна творча діяльність, спрямована на одержання і використання нових знань у всіх галузях техніки і технологій.

Ефективність науково-технічної діяльності залежить від рівня наукових кадрів, які забезпечують її виконання.

## *Наукові кадри*

Відповідно до закону «Про освіту» в Україні з 2014 року встановлена нова система з п'яти освітніх (наукових) ступенів:

- молодший бакалавр;
- бакалавр;
- магістр;
- доктор філософії;
- доктор наук.

Молодший бакалавр – початковий рівень (короткий цикл) вищої освіти відповідає шостому кваліфікаційному рівню Національної рамки кваліфікацій і передбачає здобуття особою загальнокультурної та професійно орієнтованої підготовки, спеціальних умінь і знань, а також певного досвіду їх практичного застосування з метою виконання типових завдань, що передбачені для первинних посад у відповідній галузі професійної діяльності. Ступінь молодшого бакалавра здобувається на початковому рівні (короткому циклі) вищої освіти і присуджується закладом вищої освіти у результаті успішного виконання здобувачем відповідної освітньо-професійної програми. Здобувати ступінь молодшого бакалавра можна за умови наявності повної загальної середньої освіти.

Бакалавр – перший (бакалаврський) рівень вищої освіти відповідає сьомому кваліфікаційному рівню Національної рамки кваліфікацій і передбачає здобуття особою теоретичних знань та практичних умінь і навичок, достатніх для успішного виконання професійних обов'язків за обраною спеціальністю. Ступінь бакалавра здобувається на першому рівні вищої освіти та присуджується закладом вищої освіти у результаті успішного виконання здобувачем відповідної освітньо-професійної програми. Здобувати ступінь бакалавра, як і

молодшого бакалавра можна за умови наявності повної загальної середньої освіти.

Магістр – другий (магістерський) рівень вищої освіти відповідає восьмому кваліфікаційному рівню Національної рамки кваліфікацій і передбачає здобуття особою поглиблених теоретичних та/або практичних знань, умінь, навичок за обраною спеціальністю (чи спеціалізацією), загальних засад методології наукової та/або професійної діяльності, інших компетентностей, достатніх для ефективного виконання завдань інноваційного характеру відповідного рівня професійної діяльності. Ступінь магістра присуджується закладом вищої освіти (науковою установою) у результаті успішного виконання здобувачем відповідної освітньо-професійної або наукової програми, яка обов'язково включає дослідницьку (наукову) компоненту у об'ємі не менше 30 відсотків. Здобувати ступінь магістра можна за умови наявності ступеня бакалавра.

Доктор філософії – третій (освітньо-науковий) рівень вищої освіти відповідає дев'ятому кваліфікаційному рівню Національної рамки кваліфікацій і передбачає здобуття особою теоретичних знань, умінь, навичок та інших компетентностей, достатніх для продукування нових ідей, розв'язання комплексних проблем у галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, оволодіння методологією наукової та педагогічної діяльності, а також проведення власного наукового дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення. Науковий ступінь доктора філософії здобувають на третьому рівні вищої освіти і присуджується спеціалізованою вченою радою закладом вищої освіти або наукової установи в результаті успішного виконання здобувачем відповідної освітньо-наукової програми та публічного захисту дисертації у спеціалізованій вченій раді, до складу якої входять

провідні фахівці відповідної галузі та, безпосередньо, наукової спеціальності. Здобуття ступеню доктора філософії здійснюється під час навчання в аспірантурі, вступ до якої можливий після успішного навчання у магістратурі і отримання ступеня магістра. Крім того, особи, які професійно здійснюють наукову, науково-технічну або науково-педагогічну діяльність за основним місцем роботи, мають право здобувати ступінь доктора філософії поза аспірантурою, зокрема під час перебування у творчій відпустці, за умови успішного виконання відповідної освітньо-наукової програми та публічного захисту дисертації у спеціалізованій вченій раді.

Нормативний строк підготовки доктора філософії в аспірантурі становить чотири роки.

Доктор наук – науковий рівень вищої освіти відповідає десятому кваліфікаційному рівню Національної рамки кваліфікацій і передбачає набуття компетентностей з розроблення і впровадження методології та методики дослідницької роботи, створення нових системоутворюючих знань або прогресивних технологій, розв’язання важливої наукової або прикладної проблеми, яка має загальнонаціональне або світове значення. Ступінь доктора наук здобувається на науковому рівні вищої освіти на основі ступеня доктора філософії і передбачає набуття найвищих компетентностей у галузі розроблення і впровадження методології дослідницької роботи, проведення оригінальних досліджень, отримання наукових результатів, які забезпечують розв’язання важливої теоретичної або прикладної проблеми, мають загальнонаціональне або світове значення та опубліковані в наукових виданнях. Ступінь доктора наук присуджується спеціалізованою вченою радою вищого навчального закладу чи наукової установи за результатами публічного захисту наукових досягнень у

вигляді дисертації або опублікованої монографії, або за сукупністю статей, опублікованих у вітчизняних і міжнародних рецензованих фахових виданнях, перелік яких затверджується центральним органом виконавчої влади у сфері освіти і науки.

Окрім наукових ступенів, у системі вищої освіти та науково-дослідних установ України, за вагомість внеску в розвиток науки присвоюють вчені звання.

Вчені звання старшого науковця, доцента або професора присвоюються вченими радами закладів і затверджуються в департаменті атестації кадрів вищої кваліфікації Міністерства освіти і науки України. Найбільш видатні вчені обираються зборами НАН України, галузевими і громадськими академіями членами-кореспондентами і дійсними членами – академіками. Науковим працівникам і працівникам вищої школи за великі заслуги у науці і педагогіці присвоюються почесні звання «Заслужений діяч науки і техніки України», «Заслужений працівник вищої школи» тощо.

Таким чином, організація наукової діяльності в Україні зберігає свої традиційні форми і, разом з тим, набуває нових більш досконаліх і здатних працювати в умовах ринку видозмін.

### ***Винаходи***

Основою технічного прогресу розвинених країн світу є винахідницька діяльність – створення принципово нових технічних рішень. В результаті такої інноваційної діяльності людство отримує нові цінності, робить подальший крок до реалізації можливостей практично в усіх сферах своєї діяльності.

Власник патенту продає право на користування своєю інтелектуальною власністю (винаходом) зацікавленим підприємствам, організаціям, приватним особам, або може



використовувати на свій розсуд. При цьому держава гарантує дотримання права на інтелектуальну власність і не дозволяє без згоди власника патенту використовувати винахід іншим підприємствам, організаціям або приватним особам протягом усього строку його чинності.

Продаж права на використання винаходу називають продажем ліцензії.

Розрізняють винаходи і корисні моделі.

Згідно з українським законодавством, усі відносини, пов'язані з набуттям і здійсненням прав на винаходи та корисні моделі, регулюються єдиним Законом України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі» від 15.12.1993 № 3687-ХІІ, проте ці два об'єкти інтелектуальної власності мають відмінності:

- критерії патентоспроможності. Для винаходу – це новизна, промислова придатність, винахідницький рівень; для корисної моделі – новизна, промислова придатність.

- патенти на винаходи видають за результатами ретельної кваліфікаційної експертизи щодо реальної новизни об'єкту; на корисні моделі – після формальної експертизи під відповідальність заявника;

- термін отримання патенту на винахід – від 18 місяців, на корисну модель - від 6 місяців;

- термін дії патенту на винахід – 20 років (з правом продовження на 5 років для лікарських засобів, засобів захисту тварин, засобів захисту рослин тощо), на корисну модель – 10 (без права продовження).

Проте незважаючи на це, обсяг прав, що надаються власникам патентів, однаковий і для винаходу, і для корисної моделі.

Слід зазначити, що в багатьох країнах патентування корисних моделей не передбачено законодавством і здійснюється лише патентування винаходів.

Вимоги, що пред'являються до пропозиції для визнання її винаходом:

- пропозиція повинна бути технічним вирішенням задачі;
- технічне вирішення задачі повинне мати світову новизну;
- технічне вирішення задачі повинне мати суттєві відмінності;
- технічне вирішення задачі повинне давати позитивний економічний ефект.

Об'єктами винаходу можуть бути: пристрій, спосіб, речовина, штам мікроорганізмів, застосування відомих раніше пристрою, способу, речовини та штаму за новим призначенням.

Пристрій – це конструкція або виріб (машина, робочий орган і т.д.).

Спосіб – це процес виконання дій над матеріальними об'єктами (процес збирання, транспортування, переробки і т.д. продукту).

Речовина – це індивідуальні сполуки, композиції, продукти ядерного перетворення і т.д. (сплави, фарби, клеї, лікарські препарати і т.д.).

Штам мікроорганізму – чиста культура мікроорганізмів певного виду.

Не вважаються винаходами: наукові теорії; методи організації та управління господарством; умовні позначення, розклади, правила; методи виконання розумових операцій; алгоритми і програми для обчислювальних машин; проекти і схеми планування споруд, будинків, територій; пропозиції, що стосуються лише зовнішнього вигляду виробів і спрямовані на задоволення естетичних потреб.

Однією з найбільш важливих і відповідальних робіт, що виконуються в процесі оформлення прав на інтелектуальну власність є патентний пошук.

Патентний пошук – це різновид інформаційного пошуку, що здійснюється у фондах патентної документації

з метою встановлення рівня технічного вирішення, меж прав власника патенту і умов реалізації прав.

Право на винахід засвідчується патентом, який визначає авторство та пріоритет винаходу. Для того, щоб отримати патент на винахід, необхідно скласти і оформити певні документи, які в сукупності складають заявку на видачу патенту на винахід.

Заявка на винахід повинна мати такі документи:

- заяву на видачу патенту;
- опис винаходу;
- формулу винаходу;
- креслення або інші ілюстративні матеріали, що пояснюють, розкривають і доповнюють суть винаходу;
- реферат;
- платіжний документ, що підтверджує сплату мита в установленому розмірі.

Заявка подається до Держпатенту України (Державне підприємство «Український інститут промислової власності») у трьох примірниках. Заява про видачу патенту подається у спеціально встановленій формі.

Опис винаходу повинен розкривати суть винаходу з повнотою, достатньою для його здійснення і підтверджувати обсяг правової охорони, визначений формулою винаходу.

Опис винаходу має наступну структуру:

- назва винаходу;
- клас міжнародної патентної класифікації (МПК);
- галузь техніки, до якої належить винахід;
- характеристика аналогів винаходу та його прототипу;
- критика аналогів та прототипу;
- мета винаходу;
- перелік фігур графічних зображень;
- детальний опис винаходу в статичному стані та в процесі роботи.

Назва винаходу – це коротке викладення суті об'єкта винаходу, наприклад: «Решітний сепаратор», «Повітряний сепаратор», «Спосіб вирощування картоплі» і т.д.

Класифікація винаходів – це спеціальна система упорядкування патентних документів, яка розподіляє технічні рішення за тематичними рубриками з метою оперативного пошуку патентної інформації, що відповідають запиту.

За домовленістю ряду європейських країн було розроблено Міжнародну патентну класифікацію, яка складається з 8-ми розділів:

А – життєві потреби людини;

В – виконання операцій, транспортування;

С – хімія, металургія;

Д – текстиль, папір;

Е – будівництво;

ґ – машинобудування, освітлювання, опалювання, зброя, підривні роботи;

Г – фізика;

Н – електрика.

Кожен розділ складається з класів.

Наприклад, розділ А складається з шістнадцяти класів, наведених нижче.

А01 – сільське господарство; лісівництво; тваринництво; мисливство; відловлювання тварин; рибництво; харчові продукти; тютюн.

А21 – випікання; технологічне устаткування для приготування чи обробляння тіста; тісто для випікання.

А22 – забій худоби; переробляння м'яса свійської птиці або риби.

А23 – їжа або харчові продукти; їх обробляння, не охоплене іншими класами.

А24 – тютюн; сигари; сигарети; цигарки; приладдя для курців; предмети особистого або домашнього вжитку.

А41 – одяг.

A42 – головні убори.

A43 – взуття.

A44 – галантерейні товари; ювелірні вироби.

A45 – предмети для особистого користування або для подорожі.

A46 – щіткові вироби.

A47 – меблі; предмети домашнього вжитку або побутові прилади; кавомолки; млинки для спецій; пилососи взагалі; здоров'я; рятування життя; дозвілля.

A61 – медицина або ветеринарія; гігієна.

A62 – рятувальна служба; протипожежні засоби.

A63 – спорт; ігри; розваги.

A99 – об'єкти, не охоплені іншими рубриками цього розділу.

Кожен клас розбивається на підкласи, які позначаються великими літерами латиниці. Підкласи, в свою чергу, поділяються на групи, які позначаються цифрами. Підгрупи, з яких складаються групи позначаються також цифрами і вказуються після номеру групи через дріб.

Наприклад, А 01 С 7/04 означає:

- А – розділ «Життєві потреби людини»;
- 01 – клас «Сільське господарство»;
- С – підклас «Посадка, посів, удобрювання»;
- 7 – група «Посів»;
- 04 – підгрупа «Сівалки точного висіву».

Або А 01 D 45/02 розшифровується як

- А – розділ «Життєві потреби людини»;
- 01 – клас «Сільське господарство»;
- D – підклас «Збирання урожаю, косіння»;
- 45 – група «Збирання урожаю стеблових сільськогосподарських культур»;
- 02 – підгрупа «Збирання кукурудзи».

Частковий зміст класу 01 – «Сільське господарство» наведено в додатку А.

Ознайомитись з повним змістом Міжнародної патентної класифікації можна на сайті: <http://base.ukrpatent.org/mpk2009>.

Галузь техніки, до якої належить винахід – це конкретне визначення області використання винаходу. Наприклад, винахід належить до сільського господарства, до машин для посіву зернових культур.

Характеристика аналогів винаходу – це детальний аналіз відомих і подібних до нього за технічною суттю та результатом, що досягається при їх використанні за тим же призначенням об'єктів, як і той, що заявляється. В характеристиці приводиться критика недоліків, які належать аналогам.

Характеристика прототипу – це опис, аналіз та критика недоліків найбільш близького за своєю технологічною і технічною суттю аналога.

В критиці аналогів і прототипу описуються тільки ті недоліки, які усуваються винаходом.

Мета винаходу – це позитивна дія, при виконанні якої будуть усунені недоліки прототипу.

Перелік фігур графічних зображень – це порядкова нумерація всіх графічних матеріалів, які подаються у заявці на винахід.

Детальний опис винаходу – це опис загальної будови винаходу та принципу його роботи.

Формула винаходу – це коротка словесна характеристика суті технічного рішення винаходу, складена за спеціальними правилами і формою. Складається у вигляді одного речення і визначає обсяг правової охорони, наданої патентом.

Формула винаходу має наступну структуру:

- назва винаходу;
- обмежувальна частина, яка включає загальні спільні відомі ознаки об'єкта винаходу;
- відзначна частина, яка включає нові ознаки, що

відрізняють об'єкт винаходу від прототипу і відокремлюється від обмежувальної частини словами «... який (яка, яке) відрізняється тим, що...».

Формула винаходу може складатись з одного або кількох пунктів. В першому пункті відмітні ознаки подають у максимально допустимому узагальненому варіанті, щоб вони охоплювали всі можливі варіанти запропонованого об'єкта. У другому та наступних пунктах формули в якості відмітних приводять ознаки, що розвивають, доповнюють, конкретизують ті ознаки, що приведено у попередніх пунктах.

В формулі винаходу об'єкт характеризують в статичному стані, тому не допускається вказування будь-якої дії. Ознаки, що визначають зв'язки між конструктивними елементами об'єкта подаються у формі дієприкметників dokonаного виду.

Креслення та інші ілюстративні матеріали подаються у випадку, якщо вони необхідні для розуміння суті викладеного в описі передбачуваного винаходу. Виконуються ілюстрації чорними лініями на кальці або гладких щільних аркушах білого паперу формату А4 (210x297 мм). Другий і третій примірники графічного матеріалу допускається виконувати у вигляді світлокопій або фотокопій на світлому фоні.

На кожному аркуші графічного матеріалу повинні бути поля: ліве і верхнє – по 25 мм, праве – 15 мм і нижнє – 20 мм. У правому верхньому кутку вказується назва винаходу, а у правому нижньому кутку – прізвища та ініціали авторів.

На одному аркуші допускається розташування кількох фігур (окремих зображень) чітко обмежених одна від одної.

Реферат – це скорочене викладення змісту винаходу. Текст реферату має наступну структуру:

- об'єкт (назва) винаходу;

- галузь техніки до якої належить передбачуваний винахід та галузь його застосування;
- стисло характеристику суті винаходу із зазначенням технічного результату, якого мають досягти при його застосуванні.

### ***Науково-дослідні роботи.***

Науково-дослідні роботи (НДР) – це роботи, спрямовані на вирішення конкретних наукових задач певної галузі науки шляхом проведення детальних досліджень явищ, процесів, тощо, з метою отримання корисних суспільству результатів.

Науково-дослідні роботи класифікують за різними ознаками.

За ступенем важливості наукових досліджень для виробничої та господарської діяльності науково-дослідні роботи класифікують як:

- найважливіші роботи, що виконуються за державним планом і координуються відповідними міністерствами;
- роботи, що виконуються Національною академією наук;
- роботи, що виконуються галузевими науково-дослідними організаціями за власною ініціативою.

За тривалістю НДР можуть бути:

- довгостроковими, що виконуються кілька років;
- короткострокові – терміном в один рік.

За напрямком розвитку виробництва розрізняють:

- роботи, що спрямовані на створення нових технологічних процесів, машин, апаратів, конструкцій тощо, з метою забезпечення підвищення ефективності виробництва;
- роботи, направлені на покращення виробничих відношень, підвищення рівня організації виробництва без створення нових засобів праці;



- теоретичні роботи в галузі суспільних, гуманітарних та інших наук, що використовуються для удосконалення суспільних відносин, підвищення рівня духовного життя людей тощо.

В залежності від джерел фінансування науково-дослідні роботи можуть бути:

- держбюджетними;
- госпдоговірними.

Держбюджетні науково-дослідні роботи виконуються за замовленням міністерств, відомств, інших державних органів і фінансуються з бюджету країни.

Госпдоговірні роботи замовляються, контролюються і фінансуються, відповідно укладених договорів, підприємствами, установами, організаціями або приватними особами, зацікавленими у отриманні відповідних наукових результатів, з метою удосконалення, організації або реорганізації власного виробництва, виробничих відносин і т.п.

За цільовим призначенням або науковим рівнем науково-дослідні роботи класифікують на три групи:

- теоретичні;
- прикладні;
- розробки.

Теоретичні роботи направлені на створення нових принципів. Зазвичай це фундаментальні дослідження. Метою теоретичних досліджень є розширення і систематизація знань суспільства для поглибленого розуміння законів природи і свідомого їх використання у життєдіяльності.

Теоретичні науково-дослідні роботи переважно є довгостроковими, держбюджетними.

Прикладні НДР направлені на створення нових методів, на основі яких розробляються нові конструкції, машини, матеріали, обладнання, засоби виробництва та організації робіт тощо. Дані роботи повинні задовольняти

потребу суспільства у розвитку конкретної галузі виробництва.

Прикладні науково-дослідні роботи можуть бути як довгостроковими, так і короткостроковими, як держбюджетними, так і госпдоговірними.

Розробки або дослідно-конструкторські роботи – це роботи по перетворенню результатів прикладних або теоретичних досліджень у реальні технічні рішення. Вони не вимагають проведення нових наукових досліджень. Кінцевою метою виконання розробок, що проводяться у дослідно-конструкторських бюро, проектних або дослідних виробництвах є підготовка матеріалів – конструкторської документації та дослідного зразка для впровадження у виробництво.

Проводять НДР у певній логічній послідовності.

Процес виконання теоретичних та прикладних науково-дослідних робіт складається з шести етапів, наведених нижче.

1. *Формулювання теми. Процес формулювання теми передбачає виконання ряду організаційно-підготовчих робіт, серед яких виділимо наступні: загальне ознайомлення з проблемою, за якою належить виконувати дослідження; попереднє ознайомлення з тематичною літературою; складання загального календарного плану науково-дослідної роботи; розробка технічного завдання; попереднє визначення очікуваного економічного ефекту від впровадження результатів.*
2. *Формулювання мети і задач досліджень. Даний етап включає: підбір і детальне вивчення літератури, у тому числі, науково-технічних звітів різних організацій відповідного профілю; складання рефератів за обраною темою; узагальнення, аналіз, співставлення, критика отриманої інформації; формулювання власних суджень по кожному проаналізованому джерелу; узагальнення проаналізованої інформації і висвітлення стану питання за темою; формулювання висновків, на основі яких визначаються мета і задачі досліджень.*

3. Теоретичні дослідження. Це – один з найбільш творчих етапів НДР, який потребує значних витрат розумової праці. В ньому вивчається фізична суть явища або процесу; відбувається формулювання гіпотези; вибір і обґрунтування фізичної моделі з подальшою її формалізацією (математичним описом), в результаті якої дослідник отримує аналітичні вирази та здійснює їх теоретичний аналіз.
4. Експериментальні дослідження. За витратами часу, зусиль матеріально-технічних ресурсів і терпіння, цей етап не має собі рівних. Він передбачає: розробку мети і задач, програми і методики проведення експериментів; вибір і обґрунтування засобів та способів вимірювань характеристик досліджуваного явища або процесу; конструювання приладів, макетів, апаратів, моделей, стендів, установок та інших необхідних засобів; проведення експерименту в лабораторії, на дослідних ділянках, в полі, на підприємствах тощо, з обов'язковою подальшою обробкою результатів спостережень.
5. Аналіз і оформлення наукових досліджень. П'ятий етап містить: загальний аналіз теоретичних і експериментальних досліджень; співставлення їх результатів; аналіз розходжень; уточнення теоретичних моделей, досліджень і висновків; проведення додаткових експериментів (у випадку необхідності); формулювання наукових і виробничих висновків, складання науково-технічного звіту; рецензування; складання доповіді та виправлення рукопису.
6. Впровадження і визначення економічного ефекту. На останньому етапі НДР відбувається впровадження результатів дослідження у виробництво; визначається економічний ефект; здійснюється нагляд за впровадженням або проводиться обґрунтування і розробка технічного завдання на виконання дослідно-конструкторської роботи.

Розробки (дослідно-конструкторські роботи) складаються з наступних етапів.

1. Формулювання теми, мети і задач дослідження.
2. Підготовчий етап. Даний етап передбачає: вивчення літератури; проведення досліджень (у випадку необхідності) і підготовка до технічного проектування експериментального зразка.

3. *Технічне проектування. Основними складовими третього етапу є: розробка варіантів технічного проекту; розрахунки конструктивних параметрів та режимів роботи дослідного зразка; розробка креслень; виготовлення окремих вузлів, блоків, аналіз їх роботи; розробка і узгодження технічного та техніко-економічного обґрунтування проекту.*
4. *Робоче проектування. Розробка загального вигляду машини, що проектується, вузлів, деталей та пояснювальної записки для виготовлення дослідного зразка.*
5. *Виготовлення дослідного зразка. На цьому етапі відбуваються: аналіз і контроль технічної документації; проектування технологічних процесів виготовлення дослідного зразка; розробка технологічних карт складання і проекту організаційних робіт; виготовлення деталей і вузлів, складання, доводка, регулювання дослідного зразка з подальшими стендовими та виробничими випробуваннями.*
6. *Доробка дослідного зразка. Під час доробки проводиться аналіз роботи деталей і вузлів після випробувань, в результаті чого вони удосконалюються і замінюються (в разі необхідності).*
7. *Державні випробування. Передача зразка спеціальній комісії на державні випробування за спеціальною методикою з оформленням відповідного акту.*

Етапи науково-дослідних робіт, що наведені вище, відповідають вимогам державного стандарту щодо послідовності виконання і оформлення результатів НДР.

Для виконання найбільш відповідальних – теоретичного і експериментального етапів теоретичних та прикладних робіт обов'язково залучаються висококваліфіковані наукові кадри – доктори наук та доктори філософії у відповідних науках, які мають великий досвід у розв'язанні складних наукових задач у напрямках, відповідних темі НДР.

Під час виконання дослідно-конструкторських робіт – розробок виникає потреба у кваліфікованих і досвідчених конструкторах, технологах та механіках.

## *Способи вирішення наукових та практичних задач*

Щодня у науковій і практичній діяльності людство стикається з великою кількістю задач, від швидкості і ефективності вирішення яких залежить, у кінцевому рахунку, добробут людства в цілому.

Існує безліч підходів до вирішення творчих завдань.

Методики асоціативного пошуку спрямовані на виявлення неочевидних зв'язків між предметами, подіями, образами. Так народжуються несподівані, нестандартні ідеї.

Інсайтні методики зводяться до спроб знайти рішення задачі шляхом медитації і творення.

Методики пошуку рішення по «опорній сітці» дозволяють скласти опис завдання у вигляді таблиці, яка допомагає структурувати ідеї і прийти до вирішення логічно.

*Метод асоціативного пошуку.* За допомогою асоціацій і метафор можна провести логічний зв'язок між поняттями. Це корисно для генерації ідей. Вважається, що будь-які два поняття можна зв'язати ланцюжком в середньому з десяти асоціативних переходів. Наприклад, асоціативний перехід між поняттями «дизель» і «скоринка» буде виглядати так: «дизель» – «трактор», «трактор» – «поле», «поле» – «сівба», «сівба» – «пшениця», «пшениця» – «борошно», «борошно» – «хліб», «хліб» – «скоринка».

Несподівані елементи привертають увагу і змушують фокусуватися. Шукати асоціації можна за допомогою будь-яких візуальних, тактильних, смакових та інших образів.

*Mind Mapping.* Психолог Тоні Бьюзен запропонував записувати ідеї у вигляді карти.

Методика цікава тим, що дозволяє структурувати розумовий процес, мислити крок за кроком. Для цього від

основної проблеми, як від стовбура дерева, відгалужуються різні ідеї, пов'язані з нею. Старт – середина листа, де в квадраті або в колі позначається завдання. Потім від неї проводяться у вигляді жирних ліній гілки, що позначають основні ідеї, пов'язані з цим завданням. Значущість думок виділяється за допомогою товщини ліній.

Проте інсайтні методики більше підходять для вирішення особистих завдань, аналізу власного досвіду, ніж для вирішення науково-технічних задач.

Іноді виникають задачі, знайти рішення яких досить проблематично, оскільки, часто, генеруючи ідею, дослідник зразу починає її критику. При цьому ідея не знаходить розвитку і затухає, не отримавши розвитку. У таких випадках хорошим способом буде застосування мозкового штурму.

Метод мозкового штурму (англ. brainstorming) запропонований Алексом Осборном (США) у 40-ві роки ХХ століття. Основна ідея мозкового штурму – відокремити генерацію ідеї від її критики, а точніше відокремити мрійника від критика.

Метод мозкового штурму – це спроба знайти колективне рішення проблеми за допомогою стимулювання творчої активності. Він підходить для вирішення будь-яких завдань у науці, техніці, суспільстві тощо і полягає у генеруванні якомога більшої кількості варіантів вирішення задачі (у тому числі найнеймовірніших) і відборі найбільш підходящих рішень.

Основна ідея мозкового штурму – послабити контроль над своїми думками, дозволивши їм литися суцільним некерованим потоком у напрямку вирішення якої-небудь проблеми. Такий підхід дозволяє вийти за рамки стандартних рішень, які не призводять до бажаного результату.

Мозковий штурм включає в себе три обов'язкових етапи:

- *чітке формулювання завдання.* Для успішного мозкового штурму необхідно якомога конкретніше сформулювати завдання. Це необхідно для того, щоб направити потік своїх думок у певне русло, інакше ідеї, що генеруються, можуть бути далекими від вирішення конкретної проблеми;

- *генерація ідей.* Основний етап всього мозкового штурму, під час якого відбувається генерація можливих способів вирішення задачі. При його реалізації необхідно записувати всі ідеї щодо вирішення проблеми, не аналізуючи і не оцінюючи їх. Тут не ставиться жодних обмежень на кількість та якість ідей, вітаються незвичайні і, навіть, божевільні ідеї. Можливе складання комбінацій з декількох ідей;

- *аналіз та оцінка ідей.* Останній етап – обговорення всіх згенерованих ідей, сортування та аналіз того, як конкретну ідею можна реалізувати на практиці для вирішення задачі. Тут потрібно намагатися поєднати кілька ідей в одну, комбінувати; ті, що не відносяться до поставленої задачі – відкидати і т.п.

Через деякий час залишаться лише ті (1-3) ідеї, які найкраще підходять до вирішення питання.

Проведення мозкового штурму включає шість фаз.

Перша фаза. Організатор повідомляє правила. Група поділяється на дві підгрупи – «Генератори ідей» і «Експерти», серед яких обирають секретарів.

Важливо, щоб підгрупи склалися з психологічно сумісних людей.

Друга фаза. Формулювання вихідної задачі. Повідомлення загальної задачі та необхідних особистих пояснень, відповіді на уточнюючі запитання.

Третя фаза. Приймають участь «Генератори ідей».

Генерування ідей за правилами прямої колективної

«мозкової атаки». Особлива увага приділяється створенню невимушеної творчої обстановки. Учасники висловлюють усі ідеї, що спали їм на думку щодо вирішення проблеми, якими б абсурдними вони не здавались. Обов'язковою умовою на даному етапі є виключення критичних суджень. Учасники не повинні переривати чи оцінювати один одного. Ідея, висловлена одним учасником, може навести іншого на важливу думку. Атмосфера доброзичливості та зацікавленого пошуку – найбільш оптимальна для всієї наради, але для цього етапу вона особливо важлива.

Підсумковим результатом цієї фази є складання секретарем повного списку запропонованих ідей.

Четверта фаза. Приймають участь «Експерти».

Систематизація та класифікація ідей за темами, підходами до рішення задачі, типами рішень. Вивчаються ознаки, за якими можна визначити комплексні ідеї. Проводиться ранжування висловлених пропозицій відповідно до їх значущості.

П'ята фаза. Оцінка ідей на реалістичність. У підсумку складається остаточний список практично реалізованих ідей. Даний етап передбачає проведення групової дискусії.

Шоста фаза передбачає самостійну роботу дослідників або роботу малими робочими групами (по 2-3 особи) з визначення остаточних варіантів списків для виявлення абсолютно придатних ідей для практичного втілення. Як правило, таких ідей буває близько 10% від загальної кількості запропонованих.

### **1.3. Теоретичні дослідження**

Творчість – є основною особливістю теоретичних досліджень. Це створення за задумками нових матеріальних та духовних цінностей, відкриттів,



винаходів. Воно дозволяє заперечити існуючі або створити нові наукові гіпотези, глибоко пояснити процеси або явища, які раніше були невідомими, пов'язати різні явища, узагальнити велику кількість дослідних даних тощо. Під час проведення теоретичних досліджень явищ, творче мислення допомагає вирішенню задач шляхом винайдення абсолютно нових, несподіваних підходів або створення оригінальних комбінацій з вже відомих елементів рішень. Воно базується на наступних прийомах:

- збиранні та узагальненні інформації;
- постійному співставленні, порівнянні, критичному осмисленні;
- ясному формулюванні власних думок та письмовому викладанню;
- удосконаленню та оптимізації власних пропозицій.

Теоретичні дослідження мають кілька стадій:

- вибір проблеми;
- знайомство з відомими рішеннями;
- відмова від відомих шляхів вирішення аналогічних задач;
- аналіз різних варіантів вирішення проблеми;
- вирішення.

Теоретичні дослідження проводять наступними способами, запозиченими з філософії.

Аналіз – спосіб наукового дослідження, при якому явище розділяється на окремі складові частини. При проведенні аналізу часто застосовують *ранжування*, за допомогою якого виключають все другорядне, що не суттєво впливає на досліджуване явище.

Синтез – спосіб, що полягає у дослідженні явища в цілому на основі об'єднання пов'язаних між собою елементів.

Дедукція – спосіб дослідження, при якому детально, окреме положення виводить із загального.

Індукція – спосіб обернений до дедукції. При індукції

за окремими фактами або явищами встановлюються загальні принципи та закони.

Абстрагування (абстракції) – це відволікання від другорядних фактів з метою вивчення найважливіших особливостей досліджуваного явища.

Формалізація – спосіб, при якому основні положення процесів і явищ представляють у вигляді формул та спеціальної символіки.

Аналогія – спосіб пізнання, на основі якого одержують знання про предмети і явища на основі їх подібності з іншими.

Теоретичні дослідження базуються на двох методах – історичному та логічному.

Історичний метод дозволяє дослідити виникнення, формування та розвиток процесів і подій в хронологічній послідовності з метою виявлення внутрішніх та зовнішніх зв'язків, закономірностей тощо. Цей метод використовується переважно в суспільних науках.

Логічний метод найбільш широко застосовується при проведенні теоретичних досліджень у технічних науках. Він складається з аксіоматичного та гіпотетичного.

Аксіоматичний метод оснований на очевидних положеннях.

Основним методом теоретичних досліджень є гіпотетичний, оснований на розробці гіпотези, що містить елементи новизни і оригінальності. Він передбачає:

- вивчення фізичної суті, властивостей, поведінки досліджуваного явища за допомогою різних способів пізнання;
- формулювання гіпотези та складання моделі дослідження;
- вибір математичного метода дослідження моделі та її вивчення;
- аналіз результатів теоретичних досліджень і розробка теоретичних положень.

## 1.4. Моделі досліджень

Модель – це штучна система, що відбиває основні властивості досліджуваного об'єкта. Модель є джерелом інформації про об'єкт, що допомагає пояснити, зрозуміти або вдосконалити цей об'єкт. Вона може бути масштабною копією об'єкта або відображати в абстрактній формі лише деякі його характерні властивості.

До найбільш важливих функцій моделей відносять:

- усвідомлення дійсності;
- спілкування;
- навчання;
- прогнозування;
- проведення експериментів.

Найбільш поширеними моделями процесів, що відбуваються у аграрному виробництві є: фізичні, математичні та аналогові.

Фізичні (натурні) моделі дозволяють наочно представити процеси, що відбуваються і дозволяють проводити аналіз характеру впливу окремих параметрів на нього. Складання фізичної моделі процесу є початковим етапом ґрунтового дослідження його характеристик, властивостей, поведінки тощо.

Поширеним і найпростішим явищем у сільському господарстві є процес вільного (гравітаційного) переміщення різних матеріалів (з бункера, кузова і т.п.) по нахиленій під деяким кутом до горизонту площині. З урахуванням загальноприйнятих припущень, фізична модель руху частки по похилій площині матиме вигляд, наведений на рис. 1.1.

Наступним етапом вивчення явища є формалізація фізичної моделі, тобто її опис за допомогою математичних символів, у результаті чого отримують математичну модель процесу.

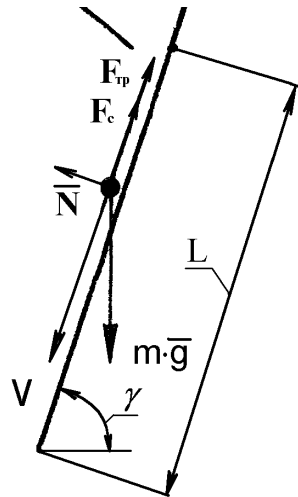


Рис. 1.1. Фізична модель руху частки по похилій площині

Математичні моделі дозволяють кількісно дослідити явища, що важко піддаються вивченню на фізичних моделях. Так математичний опис фізичної моделі (рис. 1.1) матиме вигляд диференційного рівняння першого порядку:

$$m \cdot \frac{dV}{dt} = m \cdot g \cdot \sin \gamma - F_{mp} - F_c,$$

де  $m$ ,  $V$ ,  $t$  – маса, швидкість та час руху частки, відповідно;  $\gamma$  – кут нахилу площини до горизонту;  $F_{mp}$  – сила зовнішнього тертя;  $F_c$  – сила опору середовища (повітря, внутрішнього тертя тощо).

Вирішення цієї моделі дозволить отримати залежність швидкості переміщення частки від довжини, кута нахилу та коефіцієнту тертя розгінної ділянки, часу переміщення, сили опору середовища тощо.

Якщо відомі величини складових вирішеної математичної моделі, то її представляють у вигляді графіку залежності шуканої функції (в нашому випадку  $V$ ) від змінних значень аргументів. Наприклад, графічна інтерпретація нашої реалізованої математичної моделі може мати вигляд, представлений на рис. 1.2.

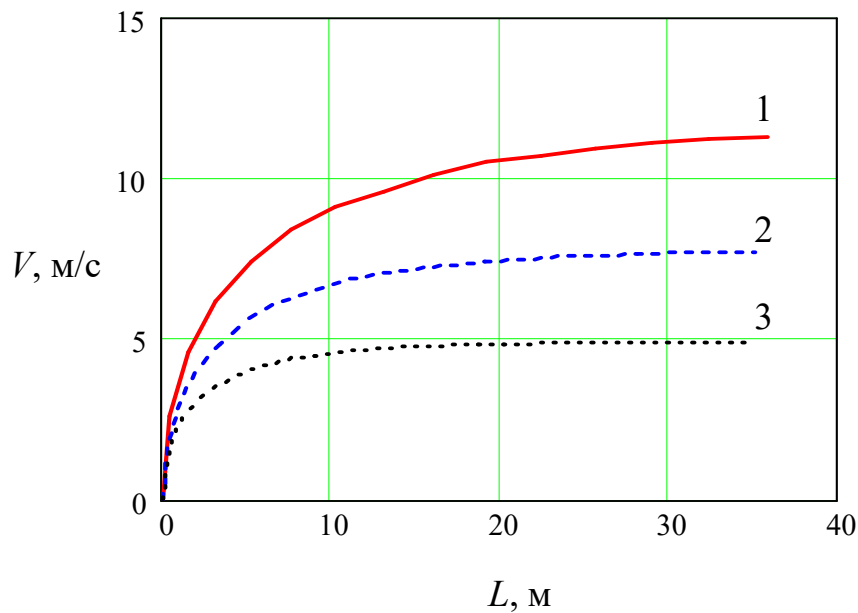


Рис. 1.2. Залежності швидкості переміщення матеріалу від довжини розгінної поверхні для кутів їх нахилу:  
 1 –  $\gamma=90^\circ$  (вільне падіння); 2 –  $\gamma=60^\circ$ ; 3 –  $\gamma=45^\circ$

Аналогова модель – це модель, параметри і функції якої аналогічні параметрам і функціям змодельованого об'єкта, але мають різну фізичну природу. Такі моделі найбільш часто застосовуються в реології – науці про фізику деформацій реально існуючих у природі тіл або суцільних середовищ.

Наприклад, фізична модель деформації ґрунту при взаємодії з котком (рис. 1.3), може бути представлена аналоговою – у вигляді пружно-в'язкого тіла (*тіла Кельвіна*) (рис. 1.4), яке є поєднанням ідеально пружного (*тіла Гука*) та в'язкого тіл (*тіла Ньютона*).

Математичний опис пружно-в'язкого тіла має вигляд:

$$P = P_n + P_e = E \cdot x + \eta \cdot \frac{dx}{dt},$$

де  $P_n$  – сила стиску пружини;  $P_e$  – сила в'язкого опору рідини;  $E$  – модуль пружності;  $x$  – деформація пружини;  $\eta$  – коефіцієнт в'язкості;  $\frac{dx}{dt}$  – швидкість деформації.

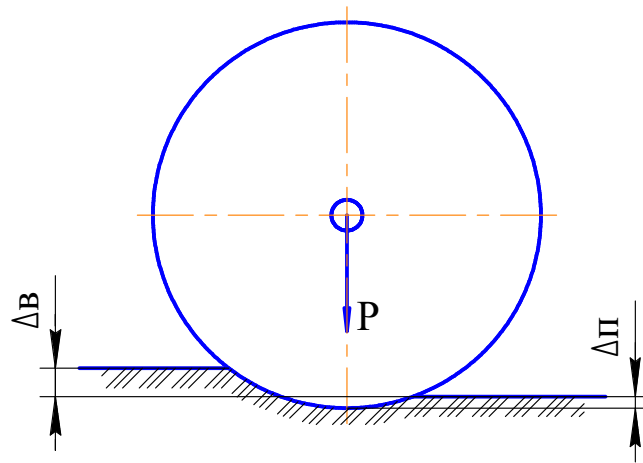


Рис. 1.3. Фізична модель взаємодії ґрунту з котком:  
 $\Delta B$  і  $\Delta П$  – величини в'язкої та пружної деформацій

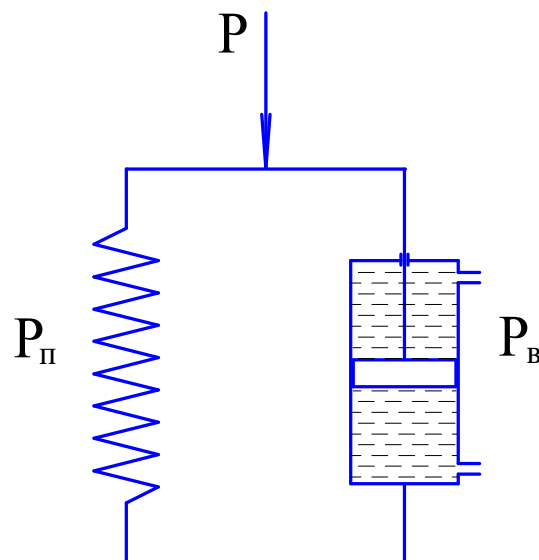


Рис. 1.4. Аналогова модель пружно-в'язкого тіла  
*(тіла Кельвіна)*

Вирішення цієї моделі дозволяє встановити закономірності пружно-в'язкої деформації ґрунту під час його прикочування котками.

Для більш простих процесів використовують інші аналогові моделі.

Тіло Гука (рис. 1.5а) – ідеально пружне тіло, у якого деформації і напруження пов'язані лінійним законом.

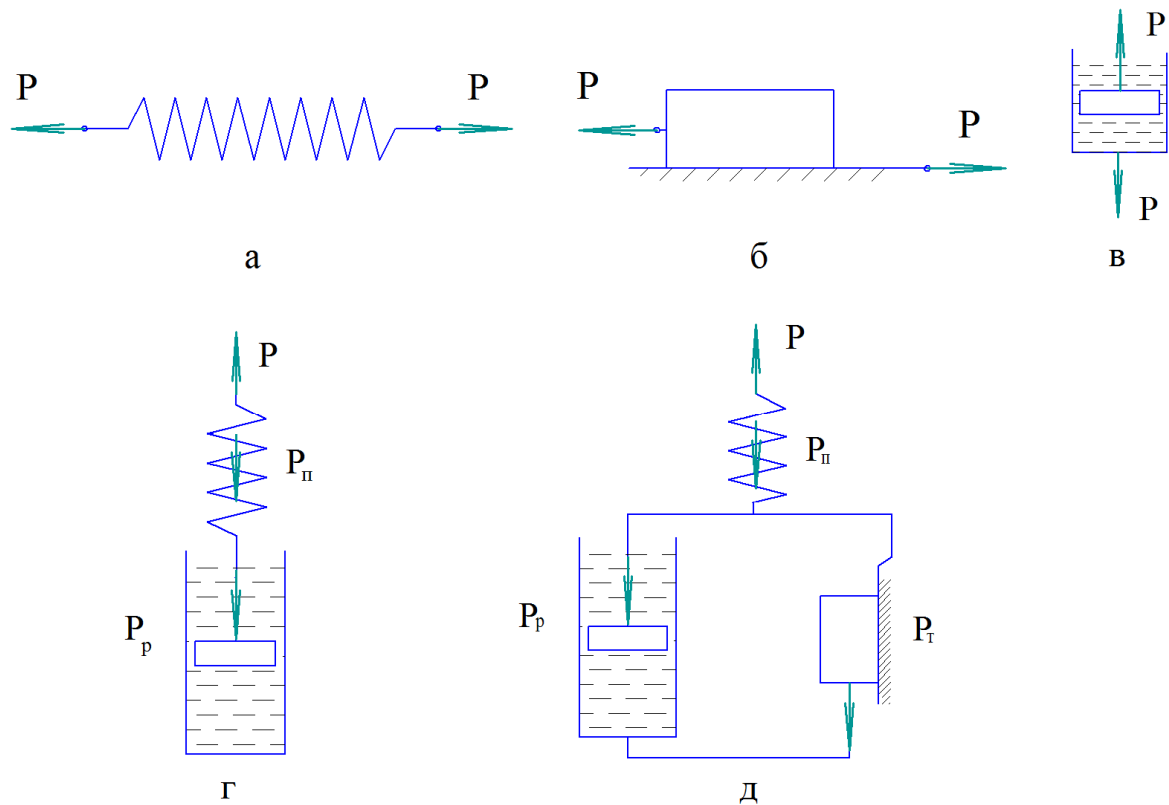


Рис. 1.5. Класичні аналогові схеми реології:  
 а – тіло Гука; б – тіло Сен-Венана; в – тіло Ньютона; г – тіло  
 Максвелла; д – Бінгама-Шведова

Тіло Сен-Венана (рис. 1.5б) – це елемент сухого тертя, при якому верхній границі текучості відповідає тертя спокою, а нижньому – тертя руху.

Тіло Ньютона (рис. 1.5в) являє собою поршень, що знаходиться у циліндрі, наповненому рідиною із зазором. Дана модель пов'язує лінійним законом швидкість переміщення поршня і напруження, що виникає при цьому.

Поєднання простих елементів – тіл Гука і Ньютона шляхом паралельного з'єднання дає тіло Кельвіна (рис.1.4), а послідовного – тіло Максвелла (рис. 1.5г). Більш складною є модель Бінгама-Шведова (рис. 1.5д), яка дозволяє описати стан ґрунту.

Слід зазначити, що аналогові моделі не є абсолютно точним відтворенням реальних процесів, а допомагають у розумінні їх фізики, вивченні, дослідженні і описі.

Для забезпечення умов впевненої реалізації (вирішення), будь-яка модель має бути:

- оптимальною за складністю. Збільшення кількості, особливо, маловпливових факторів, що входять до моделі дозволяє більш точно описати процес, однак значно ускладнює її вирішення;

- наочною. Наочність моделі сприяє кращому і глибшому її аналізу, на основі якого точно прогнозується подальший розвиток досліджуваного процесу в залежності від його складових;

- адекватною. Адекватність (відповідність) реальному процесу – найголовніша вимога, що пред'являється до моделей. Вона визначається порівнянням результатів моделювання з результатами експериментів або спостережень. Як правило, стовідсоткової адекватності математичних моделей досягти не вдається, оскільки при їх складанні приймається ряд припущень, без яких вирішення моделей виявляється надто ускладненим і громіздким.

Найбільш розповсюдженими припущеннями є наступні:

- досліджуване тіло являє собою матеріальну точку, сферу, еліпс, стрижень тощо;

- рух тіла по поверхні відбувається за законами сухого тертя;

- прискорення вільного падіння є величиною постійною;

- при незначних швидкостях руху опором повітря нехтують;

- при врахуванні сили опору повітря, воно вважається однорідним з постійною щільністю і т.п.

Під час побудови, аналізу та розв'язку моделі процесу або явища потрібно обов'язково враховувати його особливості:

- статичність або динамічність;
- безперервність або дискретність;
- детермінованість або випадковість.



## 1.5. Експериментальні дослідження

Експеримент – це один із найважливіших способів отримання емпіричних (дослідних) наукових знань.

За місцем і умовами проведення, експериментальні дослідження можуть бути лабораторними або польовими (виробничими).

Лабораторний експеримент – це вид експерименту, який проводиться в штучно створених умовах (в рамках наукової лабораторії) і в якому забезпечується взаємодія досліджуваних властивостей об'єкту лише з тими факторами, які цікавлять експериментатора.

Фактором називають рушійну, діючу силу будь-якого процесу або явища, що визначає його характер або окремі риси. Це – величина, що діє на об'єкт дослідження, яка здатна змінити його стан, характеристику, поведінку тощо.

Лабораторні дослідження в цілому дозволяють отримати об'єктивну наукову інформацію. Однак такі експерименти не завжди повністю описують реальні процеси, оскільки в польових (виробничих) умовах на поведінку об'єкту впливають додаткові фактори, моделювання яких у лабораторіях надто ускладнене. Тому виникає необхідність в проведенні виробничих експериментів.

Польовий (виробничий) експеримент – це дослід в реальних умовах з урахуванням комплексного впливу цілої низки систематичних та випадкових факторів, притаманних конкретній виробничій сфері.

За цільовим призначенням розрізняють пошуковий та основний експеримент.

Пошуковий експеримент проводять переважно з метою:

- визначення головних варійованих факторів експерименту;
- встановлення ступеню впливовості найбільш

важливих факторів на процес, що вивчається;

- перевірки варіантів робочої гіпотези;
- перевірки елементів методики проведення дослідів тощо.

Пошукові досліді не є обов'язковими. Вони можуть передувати основним, а можуть виконуватись одночасно з останніми в разі виникнення потреби. Точність пошукових дослідів, як правило нижча, ніж при проведенні основного експерименту.

Основний експеримент передбачає отримання всіх шуканих закономірностей, що характеризують розвиток процесу або явища.

В залежності від теми, властивостей та структури об'єкту наукового дослідження об'єм експериментів може бути різним. Збільшення кількості варійованих факторів призводить до значного зростання кількості дослідів, оскільки метою останніх є вивчення взаємодії між факторами та встановлення міри їх впливу на процес. Тому важливо провести ранжування, з метою відсіювання другорядних факторів, вплив яких на процес є незначним.

Для зменшення витрат часу і матеріально-технічних ресурсів на виконання експерименту необхідно чітко сформулювати мету, задачі, а також розробити методику досліджень – послідовність дій та опис методів, правил і засобів для реалізації запланованих дослідів.

Проведення експериментальних досліджень передбачає послідовне проходження чотирьох основних етапів, наведених нижче.

1. Розробка програми експерименту.
2. Проведення оцінки вимірювань та вибір засобів для проведення експерименту.
3. Проведення експерименту.
4. Обробка і аналіз отриманих даних. Формулювання висновків.

Програма експерименту має містити повну назву

теми, робочу гіпотезу, методику, перелік необхідних приладів, матеріалів, установок, список виконавців, календарний план робіт та кошторис на виконання всього експерименту.

Основу програми складає методика експерименту, що містить:

- мету і задачі дослідження;
- вибір факторів, що варіюються;
- обґрунтування засобів і необхідної кількості вимірювань опис, проведення експерименту;
- обґрунтування способів обробки і аналізу результатів експерименту.

З методиками визначення найбільш розповсюджених характеристик у ґрунтообробці, сівбі та сепарації зерна можна ознайомитися у розділі 2.

На основі аналізу інформації, гіпотези, іноді і теоретичних розробок, обґрунтовують мету і задачі експерименту. Кількість задач не повинна бути великою і для конкретного експерименту має становити 3-4.

Вибір варійованих факторів – це встановлення основних та другорядних характеристик, що впливають на досліджуваний процес.

Спочатку аналізують розрахункові схеми процесу, на основі чого класифікують всі фактори і складають з них ряд важливості для даного експерименту по мірі зменшення.

Правильний вибір основних і другорядних факторів грає важливу роль у ефективності експерименту, оскільки останній і зводиться до знаходження залежності між цими факторами.

Основним принципом встановлення ступеню важливості фактора є його роль в досліджуваному процесі.

Для цього вивчають процес в залежності від якоїсь одної змінної при інших постійних.

В окремих випадках важко виявити роль основних і другорядних факторів. В цьому випадку використовують або метод опитування спеціалістів з виставленням кількості балів тому або іншому фактору, або проводять невеликий за об'ємом пошуковий дослід.

### ***Точність вимірів***

Під час проведення експериментального дослідження одного і того ж процесу повторні заміри, як правило, не співпадають. Відхилення можна пояснити об'єктивними причинами (неоднорідністю властивостей досліджуваного об'єкта, недосконалістю приладів, класів їх точності тощо).

Чим більше випадкових факторів, тим більше розходження від середніх значень. Це потребує повторних замірів, а значить треба знати їх потрібну мінімальну кількість, тобто таку кількість, яка забезпечить стійке середнє значення вимірюваної величини, що задовольнить заданій ступені точності. Встановлення потрібної кількості вимірів має велике значення, оскільки забезпечує отримання найбільш об'єктивних – точних результатів при мінімальних затратах часу.

Точність – це ступінь відповідності результату виміру дійсному значенню величини. Поняття точності пов'язане з поняттям похибки, оскільки підвищення точності вимірювань зменшує похибку і навпаки.

Слід зазначити, що навіть прилади найвищого ступеню точності не можуть показувати дійсне значення величини, оскільки і вони мають похибку показів.

Розрізняють абсолютну і відносну похибки вимірів.

Абсолютна похибка – різниця між дійсним значенням вимірюваної величини  $x$  та її спостереженим значенням  $a$ .

Оскільки вимірити дійсне значення практично неможливо, то абсолютною похибкою  $\delta$  вважають різницю між результатом вимірів за допомогою більш точних приладів вищої точності (зразкових приладів)  $a_{zp}$  і

значенням цієї ж величини, що вимірюється приладом, використаним у дослідженнях:

$$\delta = x - a \approx a_{zp} - a.$$

Більш інформативним для дослідників є відображення похибки вимірів у безрозмірній відносній величині, або у відсотках до неї. Таким чином відносна похибка  $\delta_e$  – це відношення абсолютної похибки  $\delta$  до значення величини  $a_{zp}$ , виміряної за допомогою зразкового приладу:

$$\delta_e = \pm \frac{\delta}{a_{zp}} \cdot 100\% = \pm \frac{a_{zp} - a}{a_{zp}} \cdot 100\%.$$

Всі похибки, що виникають під час проведення вимірювань розділяють на два класи: систематичні та випадкові.

Систематичними називають такі похибки, котрі виникають за відомих причин, діють за певними законами і, як правило, в певному напрямку. Таким чином, систематичними є такі похибки, величину, напрямок і суть яких можна вивчити і встановити кількісно. Систематичні похибки можна розглядати як поправки до показань приладів. Як правило, такі похибки пов'язані з конструкціями приладів і їх обов'язково вказують у паспортах.

Систематичні похибки може визначити і сам дослідник. Знаходять систематичні похибки, калібруючи вимірювальні прилади. Систематичні похибки іноді можна визначити зіставляючи дослідні дані з зовнішніми факторами, що змінюються. Відповідність між змінами дослідних даних та цих умов вказує на наявність систематичної похибки.

Випадкові похибки – це похибки, що виникають непередбачувано.

При вимірюваннях необхідно попереджати виникнення випадкових похибок. Для цього необхідно ретельно встановлювати вимірювальну апаратуру згідно вимог заводу-виготовлювача.

Якщо систематичні похибки можуть бути викликані зовнішніми умовами (змінною температурою, тряскою, опадами), слід компенсувати їх вплив або вимірювати при більш-менш стійких умовах.

### ***Проведення однофакторного експерименту***

Однофакторний (класичний) експеримент – це експеримент, під час проведення якого послідовно досліджується вплив кожного фактора на процес. При цьому спочатку варіюється один фактор, а значення решти факторів фіксуються на одному рівні.

При незначній кількості факторів (1-2) класичний експеримент дозволяє швидко і впевнено виявити закономірності протікання будь-якого процесу.

Після формулювання мети, задач та складання методики експериментальних досліджень бажано підготувати таблиці, до яких будуть заноситися дослідні дані. Потрібно передбачити зміну факторів у бажаному діапазоні з урахуванням потрібної кількості повторностей кожного дослідження.

Наприклад, для визначення залежності повноти розділення жита, під час його очищення, від питомої подачі, первісна таблиця може мати вигляд (табл. 1.1).

У таблиці має бути максимум інформації про умови проведення дослідів, культуру, режими тощо для адекватного співставлення отриманих даних з даними, які, можливо, будуть отримані у подальшому.

Первісна таблиця може мати і інший, більш спрощений або ускладнений вигляд. Основним правилом її складання є зручність користування і врахування максимальної кількості вихідних умов.

Таблиця 1.1.

Визначення залежності повноти розділення зерна жита сорту «Славути» від питомої подачі

*Кут нахилу решета – 10°; частота коливань – 360 колив/хв.; амплітуда – 7 мм. Решето підсівне; розмір отвору – 2×20 мм. Вологість вороху 18,6%. Дата 30.08.2019 р.*

Питома подача, кг/м <sup>2</sup> ·с	Загальна маса підсіву $m_3$ , г	Маса підсіву, що просіялась, г $m$ за повторностями			Середнє, $\bar{m}$ , г	Повнота розділення, $\varepsilon$
		I	II	III		
0,5	300					
0,6	300					
0,7	300					
0,8	300					
0,9	300					
1,0	300					

Важливу роль у отриманні достовірних і адекватних дослідних даних відіграє такий фактор як створення тотожних умов для всього експерименту. Це – один з основних шляхів забезпечення однорідності дослідів і, як наслідок, до зменшення величин похибок.

Будь який експеримент, «розтягнутий» у часі, часто, втрачає однорідність, оскільки об'єкти механічного обробітку – сільськогосподарські матеріали з часом змінюють свої фізико-механічні та технологічні властивості: вологість, сипучість, зв'язність, показники механічної міцності тощо. Таким чином, фізично, один і той же матеріал, який використовувався на початку проведення дослідів може повести себе по-іншому наприкінці, змінивши деякі конкретні характеристики процесу. Це ставить під сумнів відтворюваність дослідів і унеможлиблює коректний аналіз та узагальнення результатів.

Іншим шляхом підвищення точності експерименту є рандомізований порядок проведення дослідів – розташування послідовності окремих дослідів у випадковому порядку.

Рандомізація дослідів – обов'язковий прийом, особливо, у випадку неоднорідності умов експерименту.

Зробивши досліди у випадковій (хаотичній) послідовності всі рівні експерименту будуть приблизно в однакових умовах. Існує велика кількість способів рандомізації – підкидання монети, витягування пронумерованих карток, використання таблиць випадкових чисел тощо. Слід зазначити, що жоден з методів рандомізації не має принципів переваг над іншими, тому дослідник на свій розсуд обирає спосіб і адаптує його під конкретний експеримент.

Мабуть, самим простим методом рандомізації дослідів є витягування пронумерованих карток. Стосовно до нашого випадку рандомізацію можна провести наступним чином. Оскільки значення питомої подачі знаходиться на п'яти рівнях (0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0 кг/м<sup>2</sup>·с) і експеримент проводиться у трикратній повторності, то кількість дослідів становить 18. Таким чином, необхідно виготовити і пронумерувати 18 карток з нанесенням цифр від 1 до 6. Кожну цифру потрібно продублювати тричі (отримаємо по три картки з номером «1», три картки з номером «2» і т.д., тобто відобразимо всі досліди у трикратній повторності) і ретельно перемішати картки. Витягаючи навмання картки, буде отримана рандомізована послідовність проведення дослідів з урахуванням трикратної повторності.

У підсумку, дія неконтрольованих факторів (випадкова похибка), буде накладена на весь експеримент і результати дослідів зрівняються.

Після отримання дослідних даних і заповнення таблиці потрібно провести їх обробку.



## Мінімальна обробка експериментальних даних

Метою обробки експериментальних даних є встановлення точності, як категорії – точності конкретних вимірювань і точності знайденої закономірності поведінки досліджуваного об'єкту.

Неможливо абсолютно точно провести вимірювання жодної з відомих величин, оскільки, окрім систематичних, в процес завжди втручаються випадкові похибки. Тому на практиці, під час проведення наукових досліджень, прийнято користуватись поняттям «середнє значення вимірюваної величини».

Середнє значення вимірюваної величини – це найбільш ймовірне її значення при даній кількості вимірів.

Середнє значення вимірюваної величини  $\bar{a}$  дорівнює сумі всіх окремих результатів  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ , поділеній на кількість вимірів:

$$\bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n}.$$

Чим більше проведено вимірювань, тим меншою стає випадкова похибка середньої арифметичної, тому, для забезпечення потрібної надійності дослідів, необхідно задаватися необхідною кількістю повторностей (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

### Необхідна кількість повторностей дослідів

Допустима похибка в частках $\sigma$	Довірча ймовірність результатів $a$					
	0,7	0,8	0,9	0,95	0,99	0,999
3,0	1	1	2	3	4	5
2,0	1	2	3	4	5	7
1,0	3	4	5	7	11	17
0,5	6	9	13	18	31	50

Визначення точності вимірювань це встановлення відхилень величин, отриманих у кожній повторності, від середнього арифметичного в межах даного досліду.

Розсів результатів вимірювань оцінюється дисперсією – середнім значенням квадрата відхилень випадкової величини  $a_i$  від її середнього значення  $\bar{a}$ .

Дисперсію визначають за формулою:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2}{n-1} = \frac{(a_1 - \bar{a})^2 + (a_2 - \bar{a})^2 + \dots + (a_n - \bar{a})^2}{n-1}.$$

Стандарт (середньоквадратичне відхилення) випадкової величини визначається як корінь квадратний з дисперсії:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2}{n-1}}.$$

Чим більші значення дисперсії і стандарту, тим більш розсіяні значення вимірів і, тим більша похибка.

Для більшості технічних вимірювань вважається, що найбільшою похибкою середньої арифметичної кратних вимірів є абсолютна величина, рівна трьом стандартам:

$$\Delta n(a) = \pm 3\sigma.$$

Відносна похибка визначається за формулами:

$$\Delta n(a) = \pm 3 \frac{\sigma}{\bar{a}} \quad \text{або} \quad \Delta n(a) = \pm 3 \frac{\sigma}{\bar{a}} \cdot 100\%.$$

Дану похибку називають найбільшою статичною.

### ***Оформлення результатів експериментів***

Результати експериментальних досліджень оформлюють у вигляді гістограм, полігонів розподілу,

двомірних або тримірних графіків, оскільки, саме графічне представлення дає можливість найбільш повно і наочно уявити закономірності поведінки об'єкта при зміні факторів. Де це необхідно, результати можна також представити у вигляді таблиць або рівнянь регресії.

Перед таблицею або графіком необхідно стисло охарактеризувати зміст, тобто, що саме відображено на рисунку.

При побудові графіків необхідно пам'ятати, що в переважній кількості випадків для кваліфікування і відображення закономірності як лінійної, необхідно мати хоча б 3-4 дослідні точки. Нелінійні графіки повинні будуватись на основі п'яти і більше дослідних точок.

Побудова графіків починається з відображення з незначним запасом області значень аргументу та функції у вигляді прямокутника. При цьому не обов'язково початок відліку має починатись з нульового значення. На область значень аргументу і функції наносять рівномірну сітку і позначають значення інтервалів, вказують їх найменування та розмірності, після чого відображають дослідні дані (точки), з'єднуючи останні плавною лінією (рис. 1.6).

Якщо на графіку відображено кілька кривих, характерні точки кожної зображують у вигляді невеликих однотипних геометричних фігур (коло, квадрат, трикутник, і т.п.) або кожну закономірність виділяють кольором. Допускається також нумерація дослідних кривих з подальшою розшифровкою позицій.

Під графіком розміщують його назву і розшифровують позначення (легенду).

Після графічного зображення отриманих закономірностей необхідно розкрити їх сутність, характер, оцінити ступінь впливовості факторів на процес, пояснити причини появи екстремумів тощо, встановити раціональні або оптимальні параметри досліджуваного об'єкта, які

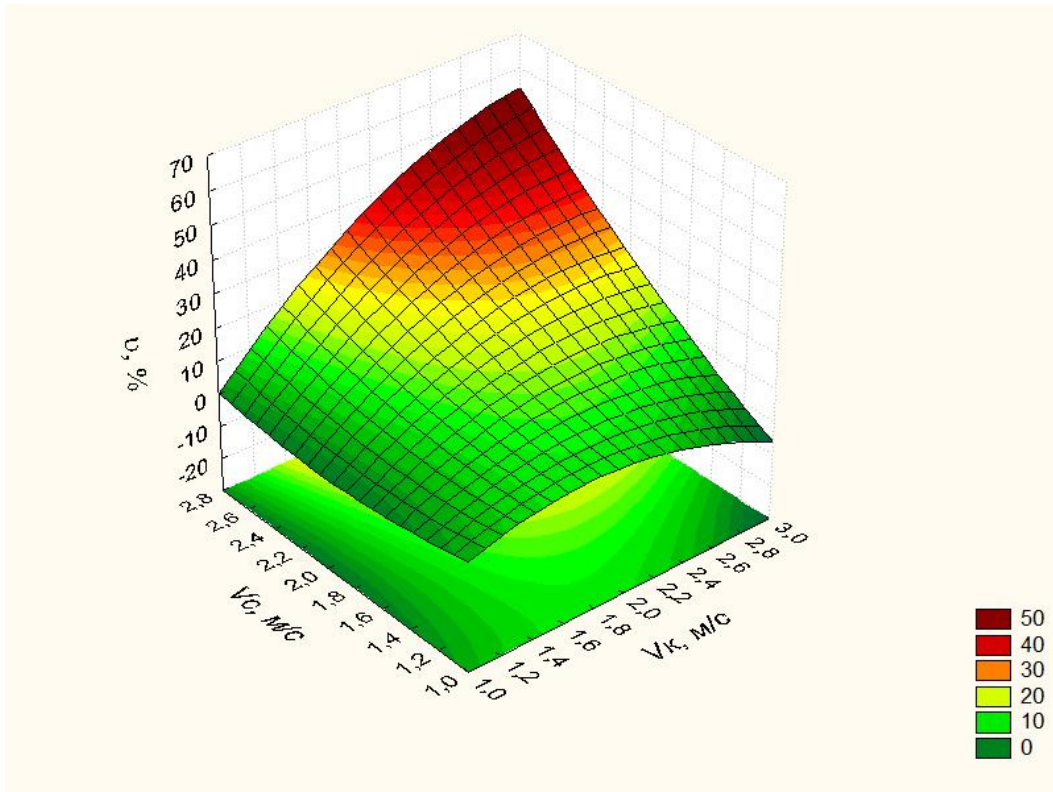
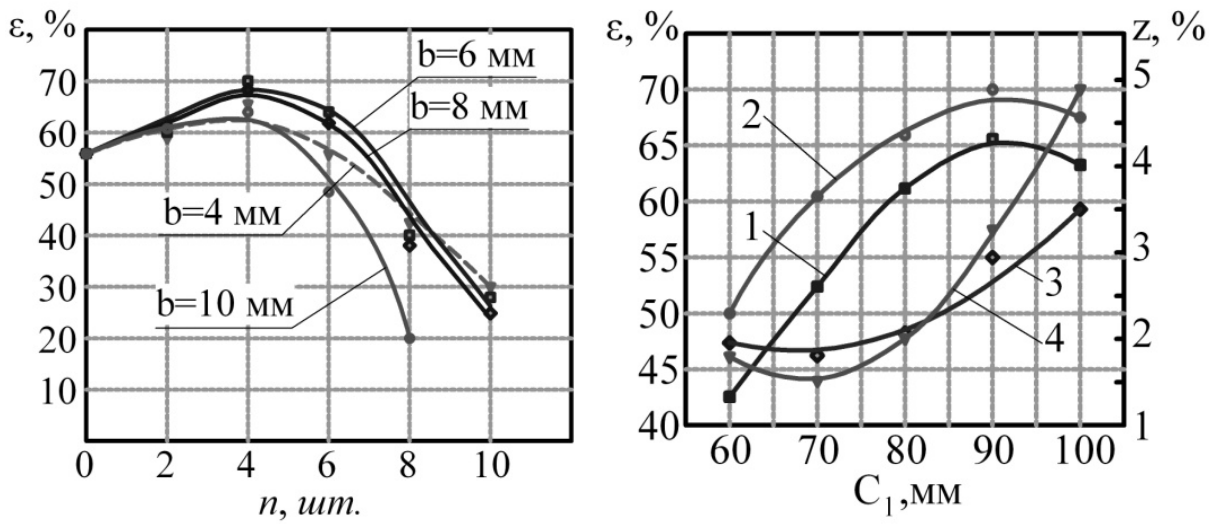


Рис. 1.6. Приклади оформлення експериментальних графіків

дозволять досягти потрібних якісних, кількісних тощо показників її роботи.

### **Формулювання загальних висновків**

Результати наукових досліджень оцінюють тим вище, чим вище науковість висновків і узагальнень, чим достовірніші вони і ефективніші. Висновки мають чітко, точно і глибоко викривати суть дослідженого явища або

процесу. Вони повинні складати основу для нових наукових розробок.

Загальні висновки мають давати лаконічні та однозначні відповіді на поставлені задачі досліджень – це квінтесенція всієї виконаної дослідником роботи.

У першому пункті висновків коротко оцінюють стан питання.

Далі викладають найважливіші наукові та практичні результати, одержані в науково-дослідній роботі, які повинні містити формулювання розв'язаної наукової проблеми (задачі), її значення для науки і практики. Тут необхідно наголосити на якісних і кількісних показниках здобутих результатів, обґрунтувати достовірність результатів, викласти рекомендації щодо їх наукового та практичного використання.

Не припустиме формулювання висновків у вигляді анотації виконаних досліджень, або безпідставних тверджень, що не мають обґрунтування у попередніх розділах.

Загальні висновки – це підсумок роботи дослідника. Тому до їх викладення необхідно підходити максимально коректно, оскільки, чим більш аргументовані, глибші висновки, тим вища оцінка рівня роботи.

## **1.6. Цитування, посилання, оформлення списку використаних джерел**

### *Цитування*

Цитати наводять у наступних випадках:

- для підтвердження власних аргументів;
- як посилання на авторитетне джерело;
- для критичного аналізу того чи іншого твердження.

В інших випадках краще робити непряме цитування.

Текст цитати починається і закінчується лапками і наводиться в тій граматичній формі, в якій він поданий у

джерелі, із збереженням особливостей авторського написання.

Посилання на джерело слід давати при непрямому цитуванні – переказі, викладі думок інших авторів своїми словами; при огляді загальних тенденцій наукових досліджень; при зазначенні фактичних даних і результатів попередніх досліджень.

Цитата береться в лапки і обов'язково має посилання на джерело із зазначеним номером сторінки.

Науковий етикет вимагає точне відтворення цитованого тексту, бо найменше скорочення наведеного витягу може спотворити зміст.

Наукові терміни, запропоновані іншими авторами, не виділяються лапками, за винятком тих, що викликали загальну полеміку. У цих випадках використовується вираз «так званий».

### *Посилання*

Посилання в тексті роботи необхідно подавати тільки у квадратних дужках, наприклад [1], [1; 3], де цифри 1 і 3 відповідають порядковому номеру праці або джерела у списку використаних джерел. Якщо посилання на джерела підряд з 1 по 3, то вказують [1-3].

Посилання на конкретні сторінки потрібно наводити після номера джерела через кому з маленької букви «с.»), наприклад: [4, с. 86]. Посилання на кілька інформаційних джерел з номерами сторінок розділяються крапкою з комою: [2, с. 62; 12, с. 26-30].

Посилання у тексті зазвичай робиться в кінці речення.

Посилання на неопубліковані та незавершені праці подавати неможна.

### *Оформлення списку використаних джерел*

Оформленню списку використаних джерел завжди приділялася увага, оскільки правильно записане

посилання на джерело інформації суттєво спрощує його автоматизований пошук. Сьогодні, коли цитування наукових праць відіграє визначальну роль у визначенні рейтингу науковця та значущості його наукових розробок, правильне оформлення бібліографічного списку джерел не втрачає своєї актуальності.

Список використаних джерел завжди розміщується після висновків.

Бібліографічний опис літературних джерел складається за стандартом ДСТУ 8302:2015, який вийшов у доповнення до діючого ДСТУ 7.1:2006 і дозволив значно спростити оформлення. Вони діють паралельно і спрямовані на унормування різного роду посилань:

- стандарт ДСТУ 7.1:2006 визначає правила складання бібліографічного опису;
- стандарт ДСТУ 8302:2015 визначає правила складання бібліографічного посилання.

Бібліографічний опис – це сукупність бібліографічних відомостей про документ, його складову частину чи групу документів, які наведені за певними правилами, необхідні та достатні, і є результатом аналітико-синтетичної переробки інформації.

Бібліографічне посилання – сукупність бібліографічних відомостей про цитований, розглядуваний або згадуваний у тексті документ, що необхідні та достатні для його загальної характеристики, ідентифікації та пошуку.

Джерела можна розміщувати по мірі появи посилань у тексті, або в алфавітному порядку прізвищ перших авторів, або заголовків.

Якщо джерела розміщуються в алфавітному порядку, то праці іноземною мовою розміщуються в кінці кириличного списку.

Об'єктами посилання можуть бути всі види опублікованих чи неопублікованих документів або їхні

складники на будь-яких носіях інформації.

У заголовку бібліографічного запису подають відомості про одного, двох чи трьох авторів, при цьому імена цих авторів за навскісною рисою не повторюють. Наприклад, замість:

*Мороз С. М. Технічні засоби для завантаження та розділення зернового вороху / С. М. Мороз, О. М. Васильковський, О. В. Анісімов...*

можна писати

*Мороз С. М., Васильковський О. М., Анісімов О. В. Технічні засоби для завантаження та розділення зернового вороху...*

Замість знака «крапка й тире» (. –), який розділяє зони бібліографічного опису, у бібліографічному посиланні рекомендовано застосовувати знак «крапка».

Наприклад, замість:

*Наука та іннов. – 2016. – № 6. – С. 45-54.*

можна писати

*Наука та іннов. 2016. № 6. С. 45-54.*

Після назви дозволено не зазначати загальне позначення матеріалу – [Текст], [Електронний ресурс], [Карти].

Розділовий знак «дві навскісні риски» (//) можна замінювати крапкою, а відомості про документ, в якому розміщено складник, виділяти шрифтом (курсивом).

Крім того, у складі вихідних даних дозволено не подавати найменування (ім'я) видавця.

## **1.7. Апробація наукових досліджень**

Термін «апробація» означає «схвалення, затвердження», тобто критична оцінка з боку наукового співтовариства наукових досліджень здобувача. Оцінці піддаються не тільки кінцеві результати роботи, але і методики дослідження, і проміжні результати роботи.

Апробація стимулює дослідника на більш глибоке осмислення власних наукових досліджень, їх доопрацювання, допомагає науковцю підтвердити або



зрозуміти необхідність перегляду наукових положень.

Апробацію роботи з метою своєчасного отримання об'єктивних оцінок етапів проведеного дослідження, висновків та практичних рекомендацій бажано починати з самого початку проведення досліджень.

Найбільш поширеними способами доведення до наукової громадськості матеріалів наукових робіт є участь в наукових, науково-практичних конференціях, семінарах, форумах тощо.

Публікації тез доповідей на конференціях, наукових статей також вважається апробацією результатів досліджень.

Позитивним моментом апробації досліджень на конференціях, семінарах, форумах є не тільки формування здобувача як науковця, але й одержання досвіду підготовки доповідей і виступів, ведення наукової дискусії, що дозволить здобувачеві впевнено провести захист наукової роботи.

## **1.8. Публікація результатів досліджень**

Результати наукових робіт потребують опублікування, оскільки саме тоді вони підтверджують першість науковця (або науковців) у вирішенні конкретних задач, дають можливість ретельно осягнути їх масштабність і виявляють цінність для послідовників-науковців та практиків.

Публікація у перекладі з латині (*publicato*) – оприлюднення, або доведення інформації до широкого загалу.

Науковою публікацією вважається видання результатів теоретичних або емпіричних досліджень, а також підготовка науковцями до публікації пам'яток культури, історичних документів, літературних текстів.

До науково-дослідних публікацій належать:

- монографії (наукові праці, присвячені дослідженню однієї теми);
- наукові реферати (автореферати) – коротке викладення автором змісту наукового дослідження, дисертаційної роботи перед поданням її до захисту;
- інформативні реферати – коротке письмове викладення однієї наукової праці, що стисло висвітлює її зміст і акцентує увагу на нових повідомленнях;
- тези та матеріали наукових конференцій – письмове викладення змісту доповідей на наукових конференціях, семінарах, форумах тощо;
- наукові статті – викладення результатів вирішення наукових задач у вигляді короткого, логічно побудованого опису у наукових журналах або збірниках наукових праць.

Особливої уваги заслуговують публікації статей у наукових фахових виданнях.

В Україні наукове фахове видання – це періодичне або продовжуване видання (у тому числі – електронне), внесене до затвердженого Департаментом атестації кадрів Міністерства освіти і науки України переліку видань. У таких виданнях публікують результати ґрунтовних досліджень, у тому числі дисертаційних, на здобуття наукових ступенів доктора філософії та доктора наук.

Наукові фахові видання – це авторитетні інституції, у яких перед опублікуванням матеріали проходять об’єктивну експертизу на плагіат (привласнення авторства на чужі науково-технічні результати або використання у своїх працях чужих результатів без посилання на автора), науковий рівень та відповідність до вимог щодо структури і оформлення.

За дотримання високих вимог до публікацій відповідає редакційна колегія, яка у наукових фахових виданнях повинна складатися не менш ніж з шести докторів наук з відповідної галузі науки, при цьому не

менше ніж три доктори наук повинні бути штатними працівниками наукової установи організації чи закладу вищої освіти III–IV рівня акредитації організації-засновника видання.

Фахове видання рекомендує до друку вчена рада наукової установи, організації чи закладу вищої освіти засновника накладом видання не менше 100 примірників. При цьому обов'язковими є його наявність у фондах головних бібліотек України і публікація електронної копії періодичного видання на веб-сайті Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського.

Студентські статті можна розміщати у не фахових наукових виданнях, у яких вимоги до публікацій більш спрощені.

У будь-якому випадку, текст статті повинен бути логічно побудованим і викладеним у науковому стилі і не містити плагіату. Цей стиль має своїм завданням точно викласти наукову інформацію. Він використовується для задоволення потреб науки, навчання та освіти, виробничо-технічної діяльності. Його основною функцією є пізнавально-інформативна, доповнена функцією доказовості. Стаття, написана цим стилем, несе наукове повідомлення, доводить його істинність, новизну, цінність і має відповідну структуру:

- вступ – постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими практичними завданнями;

- аналіз досліджень та публікацій, особливо, останніх років, на які спирається автор, виділення невирішених частин загальної проблеми, котрим присвячується дана стаття;

- формулювання цілей статті (постановка завдання);

- виклад власного матеріалу дослідження.

- висновки з даного дослідження і стисло подаються перспективи подальших розвідок у цьому напрямку.

Зазвичай, об'єм наукової статті становить 4...8

друкованих сторінок тексту шрифтом Times New Roman, розміром 12 або 14, набраного з одинарним міжрядковим інтервалом. Стаття може містити формули, таблиці, графіки, схеми, фото, інші матеріали, які розкривають зміст виконаних досліджень, доводять достовірність отриманих результатів тощо. Наприкінці статті наводиться список використаних літературних джерел, на які автор робить посилання у тексті.

Тези доповідей – це коротко сформульовані основні положення доповіді, мають аналогічну до статті структуру і, зазвичай, відрізняються об'ємом – 1...2 сторінки.

## **1.8. Наукометричні бази даних**

Наукометричні бази даних – це бібліографічні і реферативні бази даних, які виконують роль інструменту для відстеження цитованості наукових публікацій. Крім того, це також пошукові системи, які формують статистику, що характеризує стан і динаміку показників затребуваності, активності та індексів впливу діяльності окремих вчених і дослідницьких організацій.

Найбільшою в світі реферативною базою даних і наукометричною платформою, що була створена в 2004 р. є Scopus. Наукометричний апарат бази даних забезпечує облік публікацій науковців і установ, у яких вони працюють, та статистику їх цитованості. Scopus надає гіперпосилання на повні тексти матеріалів. База даних доступна за умов підписки через веб-інтерфейс.

Іншою впливовою реферативною наукометричною базою даних наукових публікацій є Web of Science Core Collection WoS (CC) платформи Publons компанії Clarivate Analytics. Наукометричний апарат платформи забезпечує відстеження показників цитованості публікацій з ретроспективою до 1900 р. Одним з ключових концептів наукометричного апарату платформи є імпакт-фактор

(індекс впливовості) наукового видання.

Index Copernicus (IC) являє собою наукометричну базу даних з внесеної користувачем інформації, в тому числі наукових установ, друкованих видань і проектів, створена в 1999 році в Польщі. База даних має кілька інструментів оцінки продуктивності, які дозволяють відслідковувати вплив наукових робіт і публікацій, окремих вчених або науково-дослідних установ. Система дозволяє архівувати і багатовимірно аналізувати досягнення вчених від імені установи, забезпечує доступ до зовнішніх баз даних і додаткових інструментів для наукової співпраці.

Google Scholar – вільна пошукова система, яка індексує повний текст наукових публікацій всіх форматів і дисциплін. Google Scholar включає статті, що опубліковані в журналах, зберігаються в репозитаріях або знаходяться на сайтах наукових колективів чи окремих вчених.

Показник впливовості науковця, колективу науковців, наукового закладу або наукового журналу заснований на кількості публікацій та їх цитуваннях. Індекс Гірша (*h-індекс*) був запропонований американським фізиком Хорхе Гіршем в 2005 році. Індекс Гірша науковця дорівнює  $h$  якщо він є автором  $h$  публікацій, кожна з яких була процитована щонайменше  $h$  разів.

Наприклад, якщо науковець є автором 5 публікацій, 3 з яких процитовано по 3 рази, а інші 2 – по 1 разу, то його *h-індекс* дорівнює 3. Якщо науковець є автором 5 публікацій, 1 з яких процитована 100 разів, а інші 4 — по 1 разу, то його *h-індекс* дорівнює 1.

У наукометричній базі Google Scholar кожен науковець може створити власний обліковий запис, додати до нього свої публікації, що наявні у базі, після чого сервіс автоматично, миттєво, обрахує *h-індекс* науковця.

Відкриті профілі науковців з їх *h-індексами* у Google Scholar можна знайти, користуючись сервісом пошуку.

За версією Open Science in Ukraine всі наукометричні бази даних можна класифікувати за складністю реєстрації на три категорії: А, В, С.

**Категорія «А»** (легка реєстрація). Це бази-каталоги наукових журналів, які швидко розглядають заявку на реєстрацію. Такі бази можуть самостійно експортувати метадані наукових журналів з інших баз, архівів, сховищ тощо. Серед них можна виділити:

- Universe Impact Factor,
- Google Scholar,
- Global Impact Factor,
- CiteFactor,
- Sindexs,
- Ukrainian scientific journals,
- General Impact Factor,
- Electronic Journals Library,
- Cosmos impact factor та ін.

**Категорія «В»** (реєстрація середньої складності). Більш вимогливі бази даних, які мають свої алгоритми розрахунку Impact factor (рейтингу важливості). Терміни розгляду заявок в даних базах коливаються від 1 до 6 місяців. Реєстрація в базах категорії «В» робить журнал авторитетним в очах широкого кола наукової громадськості.

Бази даних категорії «В»:

- Index Copernicus,
- Open Academic Journals Index,
- E-Library, DOAJ,
- UlrichsWeb,
- EBSCOhost,
- National Library of Ukraine Vernadsky та ін.

**Категорія «С»** (складна реєстрація). Це наукометричні бази даних Scopus і Web of Science – найвпливовіші наукометричні бази даних, реєстрація в яких може стати результатом багатьох років кропіткої роботи по поліпшенню якості наукових статей, підвищенню рівня інтеграції журналу і його авторів в світове дослідницьке співтовариство, застосування численних стандартів оформлення наукової інформації.

Модерація журналів тут найсуворіша, а вимоги найжорсткіші. Заявки розглядаються більше року або протягом декількох років. Індиксація в цих базах свідчить про найвищий рівень визнання журналу в науковому середовищі.

При недотриманні вимог, в першу чергу, до рівня публікацій, журнали і збірники наукових праць можуть бути виключеними з відповідних баз.

## Розділ 2

# МЕТОДОЛОГІЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Достовірність результатів наукової діяльності дослідників залежить від способів, прийомів, засобів, за допомогою яких здійснюється пізнавальний процес, тобто, від його методологічної основи. Таким чином, методологія експериментальних досліджень є системою визначених способів і прийомів, які призначені для застосування під час проведення досліджень явищ, процесів тощо.

В ході здійснення наукових досліджень потрібно розуміти також поняття «методика», яке виражає обґрунтовану послідовність вирішення конкретного наукового завдання, а також сукупність і порядок застосування відповідних методів дослідження. Загалом, методика дослідження – це сукупність прийомів і способів дослідження, включаючи техніку і різноманітні операції з емпіричним матеріалом.

Опис методики здійснення тих чи інших досліджень є обов'язковою складовою останніх, оскільки від обґрунтованості застосування тих чи інших приладів, правильної послідовності проведення дослідів на пряму залежить об'єктивність і достовірність отриманих результатів.

Існує велика кількість стандартизованих методик визначення тих чи інших характеристик, показників, якостей тощо сільськогосподарських матеріалів. Однак під час вивчення характеристик інших об'єктів – механізмів, машин, процесів тощо, особливо таких, що створюються вперше, дослідник часто стикається з неможливістю застосування стандартизованих методик,



що вимагає розробки оригінальних. Оригінальні методики мають велику цінність і складають методичну новизну наукових робіт, однак вимагають ретельного аналізу усіх складових і обов'язкової апробації у науковому середовищі серед спеціалістів даної сфери.

Для розуміння суті, наведемо кілька методик визначення показників роботи ґрунтообробних, посівних та зерноочисних сільськогосподарських машин.

## **2.1. Проведення досліджень у ґрунтообробці**

### *Визначення характеристик обробітку ґрунту*

Механічний обробіток ґрунту – це дія на нього робочими органами знарядь і машин з метою створення оптимальних умов і забезпечення факторами життя для росту і розвитку сільськогосподарських рослин та захисту ґрунту від ерозії.

Основні завдання обробітку ґрунту наступні:

- зміна будови і структурного стану ґрунту з метою створення сприятливих водно-повітряного, теплового та поживного режимів;
- посилення кругообігу поживних речовин в результаті переміщення їх з більш глибоких горизонтів в орний шар ґрунту з метою активізації мікробіологічних процесів;
- знищення бур'янів, збудників хвороб та шкідників сільськогосподарських культур;
- загортання в ґрунт рослинних решток та добрив;
- запобігання ерозійним процесам і пов'язаним з цим втратам води і поживних речовин;
- знищення багаторічної рослинності під час обробітку цілинних і перелогових земель, а також полів після сіяних багаторічних трав;
- створення сприятливих умов для якісної сівби.

Існує цілий ряд показників, якими можна комплексно оцінити якість проведення обробітку ґрунту. Зважаючи на специфіку ґрунтообробки, розподілу машин і знарядь на технічні засоби для основного, поверхневого та спеціального обробітку, різницю у фізико-механічних властивостях ґрунтів тощо, деякі якісні показники проведених робіт оцінити важко, оскільки в зоні візуальної оцінки перебуває лише поверхня поля, а для різних видів механічного обробітку ґрунту агровимогами передбачена оцінка окремих, іноді різних показників. Тому для визначення якісних показників обробітку ґрунту наведемо приклади необхідних методик в залежності від машин і знарядь, які для цього використовуються та виду механічного обробітку ґрунту.

Слід відмітити, що під час досліджень взаємодії робочих органів з ґрунтом, при механічному обробітку, потрібно фіксувати деякі фізико-механічні властивості ґрунту, від яких залежать результати і характер взаємодії «робочий орган – ґрунт». Найчастіше до таких фізико-механічних властивостей ґрунтів, які потребують визначення ще до проведення операцій обробітку відносяться: вологість, твердість і щільність, тертя ґрунту по поверхнях робочих органів під час руху, абразивні властивості тощо.

Практично всі властивості ґрунтів та вибір способів і часу проведення механічного обробітку залежить від вологості ґрунту. Серед відомих методів визначення вологості ґрунту можна умовно виділити такі: окомірний, термічно-ваговий, пікнометричний, хімічний, електрометричний, тензометричний, радіоактивний.

Більшість існуючих методів визначення вологості ґрунту базується на попередньому відборі ґрунтових зразків з наступним аналізом їх безпосередньо в польових умовах або в лабораторії.

*Методика відбору проб ґрунту для аналізу (зокрема для визначення вологості)*

Зразки ґрунту для проведення аналізу, зокрема для визначення вологості в полі, можна брати з ґрунтових розрізів, заздалегідь знявши підсушений шар товщиною 4-5 см, або за допомогою бура. Існує кілька бурів різних конструкцій (рис. 2.1). Складовими частинами ґрунтових бурів є ріжуча робоча частина, штанга і ручка. До бура додається інструмент для збирання і розбирання, а також пристосування для виймання ґрунту з робочої частини бура.



Рис. 2.1. Загальний вигляд бурів для відбору проб ґрунту з метою визначення вологості

Бур занурюють у ґрунт, натискаючи на ручку і обертаючи навколо осі. Розпушений ґрунт надходить у робочу частину бура і в ній затримується. Відібраний зразок ґрунту виймають з бура, ретельно перемішують, заповнюють ним бюкс на  $2/3$  об'єму і щільно закривають кришкою. Відбирати зразок потрібно швидко, захищаючи його від вітру, сонця і дощу. Якщо немає можливості зважити бюкси з ґрунтом безпосередньо в полі, то їх вміщують у спеціальну шафу і доставляють в лабораторію, де зважують у той же день.

Зразки ґрунту для визначення вологості відбирають пошарово, залежно від поставленої мети дослідження. Для визначення глибини взяття зразка ґрунту проводять відповідну розмітку штанги бура. Окремі автори рекомендують різну кількість повторень при визначенні вологості ґрунту. Так, С.І. Долгов до глибини 150 см рекомендує триразову, а О.Ф. Вадюніна, З.О. Корчагіна пропонують в орному шарі п'ятиразову, глибше 1 м – триразову повторності.

#### *Методика визначення вологості ґрунту окомірним методом*

Цей метод можна застосовувати при вивченні ґрунтових розрізів або при виборі оптимальних строків обробітку ґрунту, коли відсутні спеціальні прилади і немає потреби в одержанні абсолютних показників вологості ґрунту. Тоді ступінь зволоження ґрунту визначають за наступною шкалою.

1. Ґрунт мокрий. При копанні ґрунтового розрізу з стінок стікає вода, а при стисканні ґрунту в руці поміж пальцями виділяється вода;
2. Ґрунт сирий. Вода не стікає, але прикладений аркуш фільтрувального паперу швидко промокає, стиснутий у руці ґрунт перетворюється в тістоподібну масу;

3. Ґрунт вологий. Прикладений до ґрунту фільтрувальний папір зволожується лише при натисканні;
4. Ґрунт свіжий. При дотику до ґрунту відчувається прохолода, фільтрувальний папір не зволожується, до рук не прилипає, при розтиранні в пальцях не пилить;
5. Ґрунт сухий. При розтиранні пилить.

*Методика визначення вологості ґрунту термічно-ваговим методом*

Методика визначення вологості термічно-ваговим методом базується на ДСТУ Б В.2.1-17:2009. Ґрунти. Методи лабораторного визначення фізичних властивостей. Відібраний буром зразок ґрунту масою 15...50 г переміщують у заздалегідь зважений сушильний бюкс, швидко закривають кришкою і зважують на технічних або електричних вагах з точністю до 0,01 г. Зважені бюкси з відкритими кришками ставлять у сушильну шафу (рис. 2.2) і сушать до постійної маси при температурі 100...105°C.



Рис. 2.2. Загальний вигляд сушильної шафи типу ШСУ, електричних ваг та бюксів

Піщані і супіщані ґрунти можна сушити при температурі 150...160°C. Через 5...6 год. бюкси виймають з сушильної шафи, закривають кришками і

ставлять для охолодження в ексикатор. Після охолодження їх зважують, відкривають кришки і ставлять на контрольне сушіння. Через 1...2 год. їх виймають з шафи, охолоджують і знову зважують. Розходження в масі після контрольного сушіння повинно бути не більше 0,05 г. Якщо більше, то ще раз ставлять на сушіння на 1-2 год. Коли при повторному зважуванні ґрунту, що містить органічні речовини, спостерігається збільшення маси, то за результат зважування приймають найменшу масу.

Абсолютну вологість  $W_a$  ґрунту обчислюють за формулою:

$$W_a = \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m} \cdot 100\%,$$

де  $m$  – маса порожнього бюкса з кришкою, г;

$m_1$  – маса вологого ґрунту із бюксом та кришкою, г.;

$m_0$  – маса висушеного ґрунту із бюксом та кришкою, г.

Допускається представлення абсолютної вологості ґрунту не у відсотках, а в долях одиниці.

Визначаючи ступінь зволоження ґрунту з різним механічним складом, доцільно користуватися відносною вологістю ґрунту,  $W_e$

$$W_e = \frac{W_a}{W_n} \cdot 100\%,$$

де  $W_n$  – абсолютна вологість при польовій вологоємності ґрунту.

Польова вологоємність ґрунту – це та кількість води, яку може утримати в собі сильно змочений із поверхні ґрунт після стікання гравітаційної води. Вона заповнює всі шпарини ґрунту, за винятком великих некапілярних.

Вимірювання ж вологості ґрунту за допомогою спеціальних електронних приладів, наприклад цифрових вологомірів ґрунту типу PMS-710 (рис. 2.3а), MS-350,

DM-300 (рис. 2.3б), МГ-44, безконтактних вологоміврів НВЧ та інших приладів є зручним і дозволяє отримати швидко результат.

В основу роботи вологоміврів ґрунту типу Walcom PMS-710 (рис. 2.3а) покладено кондуктометричний метод вимірювання вологи, який полягає в тому, що електричний опір ґрунту залежить від вмісту вологи в ньому. Він складається із виносного датчика-штиря і вимірювального блока. Сигнал із сенсора датчика потрапляє в мікропроцесорний вимірювальний блок, де відбувається розрахунок вологи. Відсоток відносної вологості відображається на чотирирозрядному рідкокристалічному дисплеї, інтегрованому в мікропроцесорний блок. Керування режимами роботи відбувається клавіатурою із п'яти клавіш із інтуїтивно зрозумілими позначками мемознаків на їх поверхні. Конструкція датчика дозволяє вимірювати вологість ґрунту на глибині до 28 см.

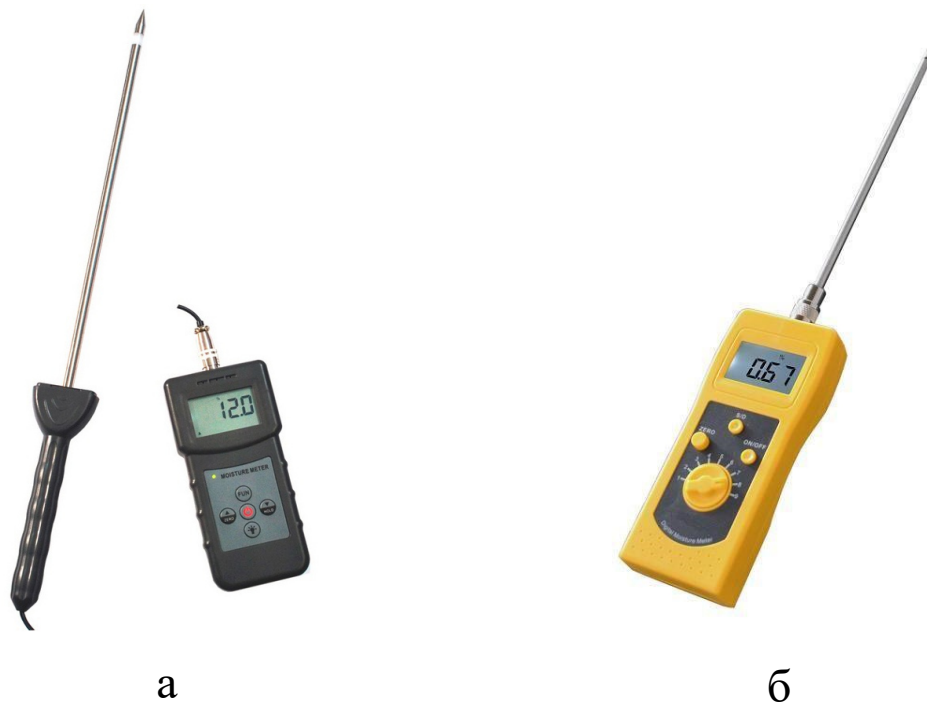


Рис. 2.3. Загальний вигляд вологоміврів ґрунту:  
а) Walcom PMS-710; б) DM-300 (MM-300)

Цифровий універсальний вологомір ґрунту DM-300 (MM-300) (рис. 2.3б) фактично є ємкісним датчиком вологості. Прилад обладнано приєднуваним СВЧ датчиком для занурення на потрібну глибину вимірювання. Такий безконтактний вологомір із виносним датчиком є універсальним приладом для вимірювання вологості із органами управління і індикацією та підключаємим шляхом накручування виносного щупового датчика вологи. Прилад простий в експлуатації і містить всього дві кнопки та два регулятори. Щупом для вимірювання вологи є сенсор, на кінці якого є вставка із діелектричного матеріалу, щоб електромагнітне поле проходило через середовище, яке досліджується і ланцюг замикався на двох контактах датчика. В залежності від вологості ґрунту, сигнал змінює свої параметри і вологомір пропорційно розраховує виміряну вологу.

Однак часто, залежно від неоднорідності структури ґрунту та його стану під час роботи електронних вологомірів можуть траплятися помилки, тому до таких вимірювань слід вдаватися лише тоді, коли не потрібна висока точність. Термічно-ваговий метод залишається більш точним і інформативним, хоч і потребує більших затрат часу, наявності необхідного обладнання та певної кваліфікації дослідників.

#### *Методика визначення твердості ґрунту*

Для характеристики міцності ґрунту прийнято обмежуватися визначенням її твердості, оскільки твердість ґрунту виміряти легше, ніж, наприклад, опір розтягу або зсуву.

Твердість ґрунту  $p$  та коефіцієнт об'ємного зминання  $q$  є найбільш важливими технологічними показниками при його обробі. Твердість ґрунту це його здатність чинити опір зминанню ( $\text{H}/\text{cm}^2$ ) при проникненні в нього твердого тіла (деформатора). Коефіцієнт об'ємного



зминання показує на скільки одиниць сили зростає опір ґрунту при зминанні (витисканні) кожної наступної одиниці його об'єму ( $\text{Н/см}^3$ ) під час занурення деформатора.

Твердість і коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту перебувають у кореляційній залежності з опором ґрунту при його обробітку ґрунтообробними машинами і можуть бути визначені кількома способами. Для цього можуть використовуватися прилади як ударної дії, так і з статичним навантаженням та з примусовим переміщенням деформатора. Твердість ґрунту визначають спеціальними приладами – пенетрометрами, які раніше називалися твердомірами.

Під час проникнення зонда пенетрометра – зазвичай металевого зонда циліндричної чи конічної форми діаметром 1...5 мм (рис. 2.4) в ґрунті відбуваються різні процеси: ущільнення ґрунту, деформація зрушення, а також тертя металу по ґрунту. Тому параметр, який отримується в результаті вимірювання, містить в собі різну інформацію і в загальному випадку виражається опором penetрації.

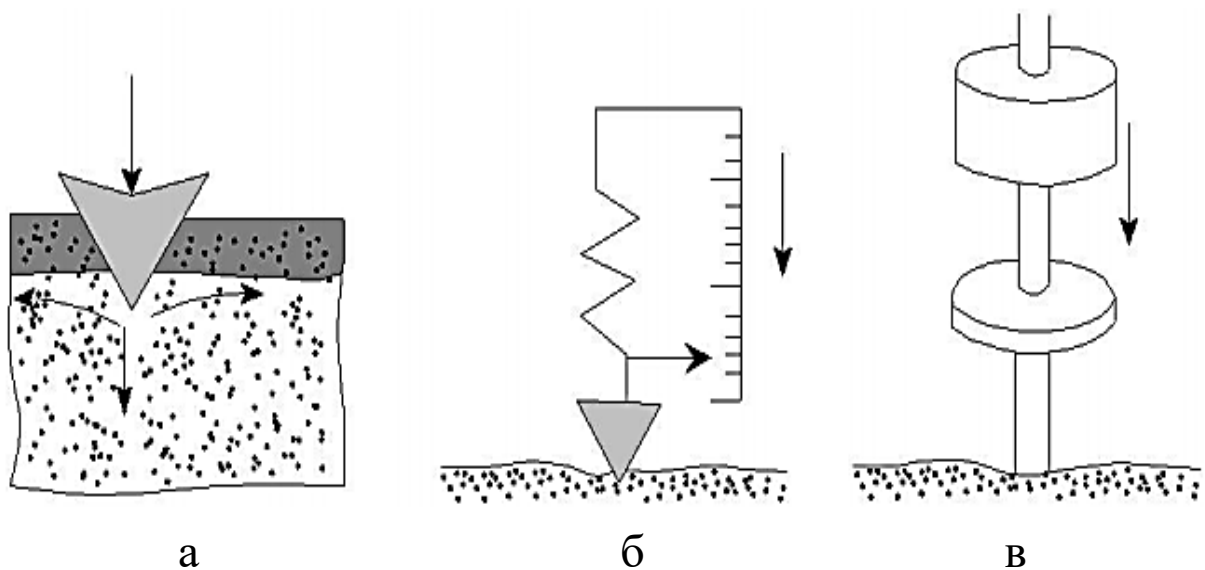


Рис. 2.4. Схема проникнення конічного зонда пенетрометра (а) в ґрунт і основних типів пенетрометрів: б – пружинного; в – ударного

Під час використання пенетрометрів експериментально визначається сила, яка потрібна для проникнення зонда в ґрунт. Однією з найбільш важливих процедур при проведенні вимірювань є тарування пенетрометра. Слід регулярно проводити тарування пружинних пенетрометрів (не рідше одного разу на рік), прикладаючи відомі вантажі до пружини або ж здавлювати пружину і одночасно вимірювати стискаюче навантаження, наприклад на вагах та фіксувати відповідні показники на шкалі пенетрометра. Значення сили  $F$ , що фіксується при таруванні потрібно віднести до постійної площі циліндричної чи конічної основи зонда  $S$ , отримуючи значення стискаючої напруги (або тиску):

$$P = \frac{F}{S}.$$

Залежність показів шкали пенетрометра від

прикладеного навантаження лінійна. Тому для пружинних пенетрометрів необхідно знайти константу приладу  $K$  – величину напруження стискання чи розтягу на одиницю шкали  $h$  (Па/см або  $(\text{кг}/\text{см}^2)/\text{см}$ ). Так для класичного пенетрометра Качинського сила втискання складе

$$P_{\text{пен}} = K \cdot h.$$

Опір penetрації для пенетрометрів ударного типу (рис. 2.4в) розраховується за масою ковзаючого вантажу, висотою і кількістю падінь. Використовується наступна формула:

$$P_{\text{пен}} = n \frac{m \cdot g \cdot h_1}{S \cdot h_2},$$

де  $n$  – кількість падінь вантажу масою  $m$  з висоти  $h_1$ ;

$S$  – площа проникаючого у ґрунт зонда;

$h_2$  – глибина проникнення стержня.

Отримана одиниця вимірювання – кілограм на квадратний сантиметр.

Важливо знати твердість ґрунту не тільки у орному шарі, а й більш глибоко, оскільки коренева система багатьох рослин має проникати нижче. Крім того повинен забезпечуватися постійний баланс між атмосферною вологою і капілярною, чому може перешкоджати техногенно утворена так звана плужна підшва. Приклад типового ущільнення ґрунту наведено на рис. 2.5.



Рис. 2.5. Типовий приклад ущільнення ґрунту

Практичне вимірювання твердості здійснюють ручними твердомірами-пенетрометрами, загальний вигляд яких наведено на рис. 2.6.

Ручний пенетрометр WILE SOIL (рис. 2.6а) – прилад, який вимірює опір ґрунту при його вдавлюванні в ґрунт. Такий твердомір поставляється споживачам з двома наконечниками: діаметром 1,27 см для вимірювання твердості в щільному ґрунті і діаметром 1,91 см для проведення вимірювання твердості в м'якому ґрунті. Принцип роботи приладу засновано на зміні і вимірюванні тиску рідини (в даному випадку мастила) від сили натискання приладу для проникнення наконечника у ґрунт. Виробник пенетрометра WILE SOIL рекомендує перевіряти ґрунт на ущільнення ранньою весною, коли

рівень вологості ґрунту достатньо високий, а також восени перед обробкою ґрунту за наступною методикою:

- твердомір рівномірно, з постійним зусиллям вдавлюється в ґрунт;

- за шкалою відтарованого манометра визначається тиск ( $\text{кг}/\text{см}^2$ ), що дозволяє визначити глибину розміщення плужної підшви і її твердість;

- фіксується сила тиску під час її збільшення і подальшого зменшення в результаті занурення наконечника;

- для отримання більш точних даних слід повторити заміри кілька разів в одному місці та в різних точках поля;

- після визначення глибини залягання ущільнення в тих місцях, де при введенні наконечника виникав максимальний опір, потрібно зробити розріз ґрунту на визначену глибину найвищої твердості з метою перевірки наскільки сильно ущільнення перешкоджають розвитку кореневої системи.



а



б

Рис. 2.6. Загальний вигляд ручних пенетрометрів (твердомірів ґрунту):

а – WILE SOIL, б – ЛАН-М

Пенетрометр ґрунту ЛАН-М (рис. 2.6б) є електронним приладом для вимірювання твердості ґрунту в польових умовах за стандартом ASAE S313.3 з діапазоном вимірювання глибини від 0 до 65 см. Прилад має просту міцну конструкцію, електронну частину розміщено у вологозахищеному корпусі із ударостійкого пластику. Твердомір живиться від вбудованого акумулятора, який забезпечує безперервну роботу протягом 20 годин. Аналогічно як і у твердоміра WILE SOIL комплектується двома наконечниками таких-же розмірів для вимірювання твердості в різних ґрунтових умовах. Пенетрометр ґрунту ЛАН-М має зручний інтуїтивно зрозумілий інтерфейс. Інформація виводиться на кольоровий графічний дисплей з підсвіткою. Процес вимірювання повністю автоматизований: користувач повинен тільки встановити необхідний тип наконечника, натиснути клавішу запуску вимірювання та плавно ввести твердомір у ґрунт. Датчики приладу зафіксують зусилля введення пенетрометра через кожні 2,5 см (1 дюйм). Покази датчиків в реальному часі відображаються на дисплеї. Користувач має можливість вибирати метричні (см,  $\text{кг}/\text{см}^2$ ) або британські (дюйм, psi) одиниці вимірювання. Твердомір додатково за допомогою звукового сигналу попередить про початок та закінчення ущільненої плужної підшви. Після завершення вимірювання на дисплеї відобразиться короткий звіт із параметрами ущільнень. Крім цього, користувачу доступний детальний звіт з показами, отриманими через кожні 2,5 см (1 дюйм) та побудовою графіка залежності щільності ґрунту від глибини. Користувач може зберегти результати більше 50 вимірювань у пам'яті приладу для їх подальшого аналізу.

Класичним лабораторним приладом для вимірювання твердості ґрунту залишається пружинний твердомір (рис. 2.7) із примусовим переміщенням деформатора.

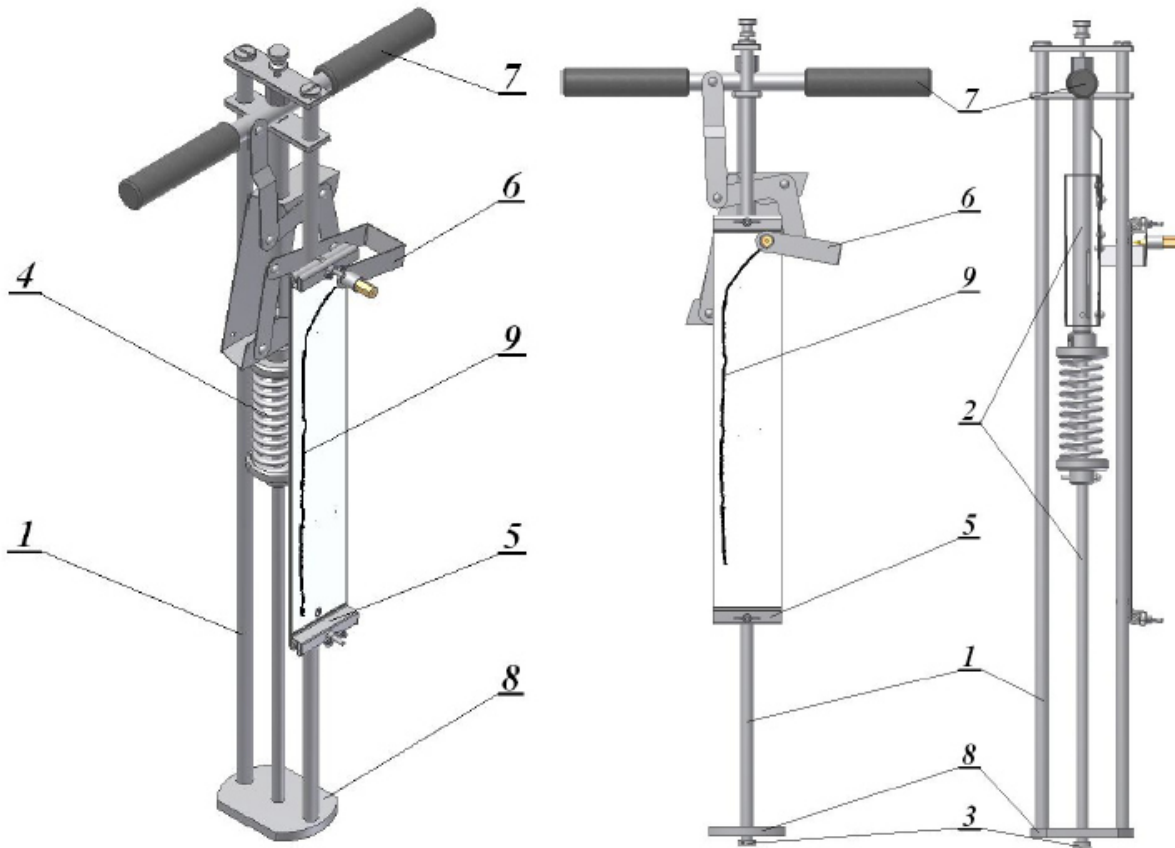


Рис. 2.7. Загальний вигляд лабораторного твердоміра з примусовим переміщенням деформатора:

1, 2 – штанги направляюча та телескопічна; 3 – деформатор змінний; 4 – пружина; 5 – планка для паперу; 6 – пристрій записуючий; 7 – рукоятка; 8 – нерухома рамка (основа); 9 – діаграма

Твердомір (рис. 2.8) складається з нерухомої рамки 1 з великою опорною поверхнею, та пристосуванням для кріплення паперу 9, штока 2 з наконечником 3. Шток з'єднаний з рукояткою 4 через пружину 5, кінець якої передавальним механізмом 8 з'єднаний з самописцем 6. Самописець фіксує деформацію пружини горизонтальним відрізком  $Y$  і заглиблення наконечника вертикальним відрізком  $h$  діаграми 7.

При плавному натисканні на рукоятку і заглибленні наконечника в ґрунті, олівець самописця рисує діаграму 7, яка відображає залежність прикладеного зусилля  $P = K \cdot Y$  від деформації ґрунту  $h$ , де  $K$  – жорсткість пружини, Н/мм.

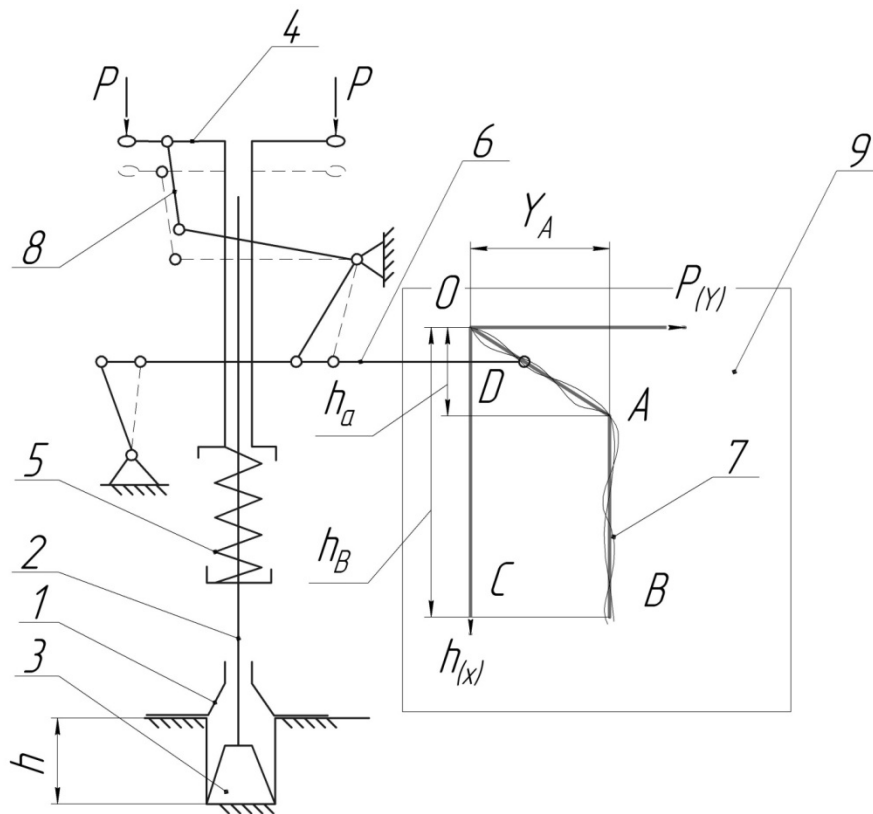


Рис. 2.8. Схема лабораторного твердоміра з примусовим переміщенням деформатора

Апроксимація діаграми прямими лініями  $OA$  і  $AB$  відображає наближений характер процесу деформації ґрунту. У першій фазі (ділянка  $OA$ ) сила опору занурення деформатора зростає пропорційно лінійній деформації ґрунту  $h$ . У другій фазі (ділянка  $AB$ ) зростання деформації ґрунту не викликає збільшення зусилля і він деформується (тече) під дією постійного тиску на нього.

Практичне значення для розрахунку робочих органів ґрунтообробних машин має перша фаза, тому, що деформації ґрунту ними не виходять за межі першої ділянки діаграми (межа прямої пропорційності).

Твердість ґрунту  $P$  при цьому визначається за формулою:

$$P = \frac{K \cdot Y}{S},$$

де  $Y$  – середнє значення ординати діаграми, мм;  
 $S$  – площа основи наконечника,  $\text{см}^2$ .

Коефіцієнт об'ємного зминання  $q$  визначається за наступною залежністю:

$$q = \frac{K \cdot Y}{S \cdot h},$$

де  $h$  – величина заглиблення наконечника до межі прямої пропорційності (точка А) діаграми, см.

Роботу зминання  $A$  (Дж) розраховують як площу діаграми у масштабі жорсткості пружини.

В першій фазі деформації ґрунту витрати механічної енергії визначаються:

$$A_{OAD} = \frac{0,01 \cdot K \cdot Y_A \cdot h_A}{2};$$

а у другій фазі:

$$A_{OAD} = 0,01 \cdot K \cdot Y_A \cdot (h_B - h_A).$$

Для достовірності отриманих результатів потрібно натисненням твердоміра в досліджуваний ґрунт отримати 10...12 діаграм на міліметровому папері. Визначити точки  $A$  на діаграмах, апроксимуючи їх двома відрізками  $OA$  і  $AB$ . Розрахунково визначити площу  $S_q$  ділянки  $OAD$  кожної діаграми і за значенням площі визначити середню ординату  $Y$  діаграми  $Y = S_q / h$ . Провести розрахунки твердості ґрунту  $P$ , Н/см<sup>2</sup>; коефіцієнту об'ємного зминання  $q$ , Н/см<sup>3</sup>; роботи зминання  $A$ , Дж для кожної із повторностей за вище приведеними формулами. Підрахувати середні значення твердості, коефіцієнта зминання і роботи зминання за усіма повторностями. Розрахувати середньоквадратичні відхилення твердості:

$$\sigma_P^2 = \pm \sqrt{\left( \sum_i^n (\bar{P} - P_i) \right)^2 / (n-1)},$$

де  $n$  – кількість повторностей.



Також визначають середньоквадратичні відхилення коефіцієнту об'ємного зминання  $\sigma_q^2$  та роботи  $\sigma_A^2$ .

Далі потрібно перевірити дані повторностей на належність їх до малої вибірки та усунути «викиди», тобто результати тих повторювань, що різко відрізняються своїми значеннями від середніх величин:

$$\bar{P}_{сер} = \frac{\sum P_i}{n}; \quad \bar{q} = \frac{\sum q_i}{n}; \quad \bar{A} = \frac{\sum A_i}{n}.$$

Якщо є вибракувані повторності потрібно повторити розрахунки? починаючи із обчислень середніх значень твердості, коефіцієнта зминання і роботи зминання без врахування знайдених вибракувань.

Завершальним етапом визначення твердості ґрунту класичним лабораторним методом є визначення помилки дослідів для розрахунку твердості ґрунту за залежністю:

$$m_p = \frac{\sigma_p}{\sqrt{n}}.$$

Аналогічно визначають  $m_q$ ,  $m_A$ . Дійсні значення розрахованих характеристик ґрунту надаються у наступному вигляді:

$$P_D = P_{сер} \pm m_p = \dots Н / см^2;$$

$$q_D = q_{сер} \pm m_q \dots Н / см^3;$$

$$A_D = A_{сер} \pm m_D \dots Дж.$$

*Методика визначення кутів і коефіцієнтів тертя ґрунту*

Фрикційні властивості ґрунту суттєво впливають на механічний обробіток ґрунту. Відомо, що від 30 до 50% енергії витрачається на подолання сил тертя ґрунту по робочим поверхням ґрунтообробних машин і знарядь.

Фрикційні властивості проявляються у вигляді тертя.

Тертя ґрунту представляє собою опір ковзанню робочої поверхні ґрунтообробних знарядь відносно ґрунту (зовнішнє тертя) або ж часток ґрунту відносно одна одної (внутрішнє тертя). Таким чином, *сила тертя* – це сила опору або реакції, викликана дією активної сили, яка намагається забезпечити ковзання поверхні одного тіла відносно іншого при нормальному тиску. Як і будь-яка сила реакції, сила тертя дорівнює збуджуючій силі, але має граничне значення, вище якого не збільшується. При зміні активної сили, сила тертя може змінюватися від нуля до свого граничного значення ( $0 \leq F_{mp} \leq F_{max}$ ).

При переміщенні тіла вагою  $G$  вздовж будь-якої площини (рис. 2.9) під дією активної сили  $P$  виникає сила опору  $F$  ковзання тіла, яка називається силою тертя. Сила тертя  $F$  – пасивна сила (реакція), направлена в бік, протилежний напрямкові руху тіла дорівнює:

$$F = f \cdot N,$$

де  $N$  – сила нормальної реакції, Н;  
 $f$  – коефіцієнт тертя.

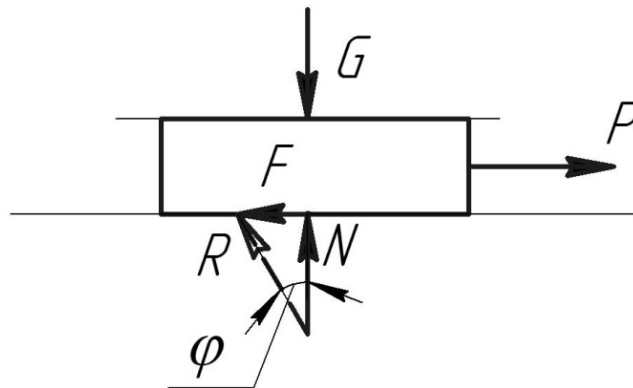


Рис. 2.9. Схема сил, що діють на елементи ґрунту під час його руху по площині

Рівнодійна  $R$  сили тертя  $F$  і нормальної сили  $N$  відхиляється від нормалі на кут тертя  $\varphi$ , тангенс якого дорівнює коефіцієнту тертя  $f$ .

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{F}{N}.$$

Кут тертя – це такий граничний, найменший кут нахилу  $\alpha$  робочої поверхні, при якому починається відносний рух тіла вздовж неї без дії на нього зовнішньої активної сили (рис. 2.10).

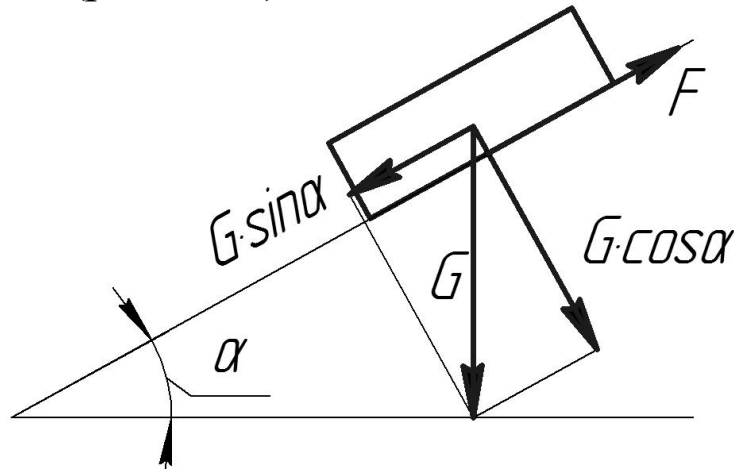


Рис. 2.10. Схема визначення максимальної сили і кута тертя спокою

Складова сили тяжіння  $G \cdot \sin \alpha$ , що спричиняє рух тіла вздовж похилої площини при  $\alpha = \varphi$  дорівнює силі тертя  $F$ .

Тому найпростішим приладом для визначення кута і коефіцієнта тертя може бути нахилена під певним кутом площина з фіксованим значенням цього кута нахилу  $\alpha$ .

Інший метод визначення кута і коефіцієнта тертя запропонований академіком В.О. Желіговським, який ґрунтується на визначенні напрямку рівнодійної сили  $R$  від сили тертя  $F$  і нормальної сили  $N$  за допомогою побудови відповідного силового трикутника.

Прилад В.О. Желіговського (рис. 2.11) складається з колодки 1, на якій закріплений транспортер 2, призначений для установки кута  $\alpha$ . Колодка приладу переміщується по напрямній 3. До колодки кріпиться лінійка  $AB$ . На лінійці за допомогою струбцин можна закріпити різні матеріали. Для установки дослідних зразків ґрунту призначена каретка 4. На каретці закріплюється олівець для запису траєкторії її руху.

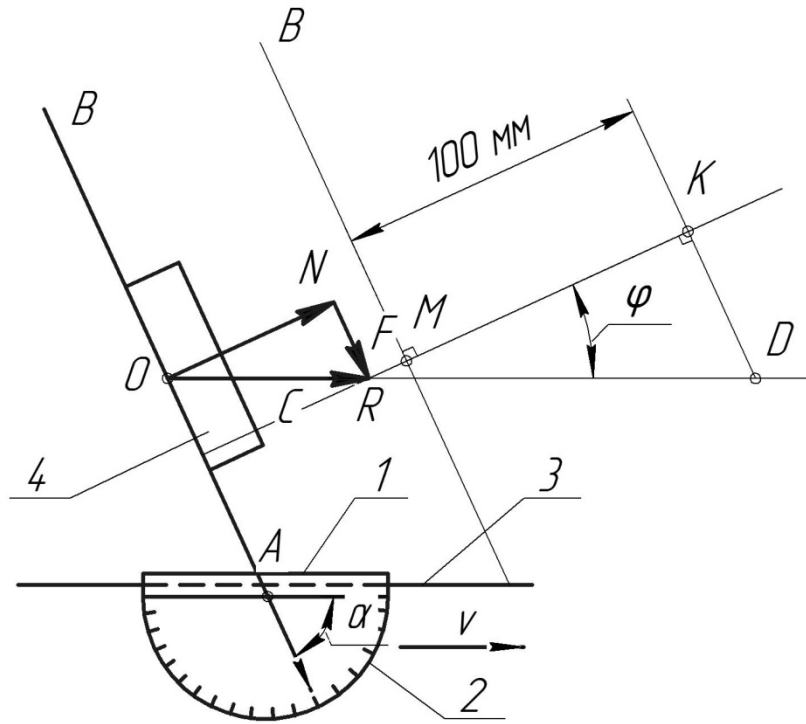


Рис. 2.11. Визначення коефіцієнтів і кутів тертя приладом В.О. Желіговського

Лінійка  $AB$  приладу, на якій закріплюється дослідна поверхня тертя (сталь, дерево, пластик) встановлюється під деяким кутом  $\alpha$  до напрямку руху. Кут  $\alpha$  вибирається з умови ковзання дослідного зразка по поверхні тертя, що закріплена лінійкою  $AB$ . Ця умова виконується при  $\alpha < 90 - \varphi$ .

Дослідний зразок ґрунту поміщається в каретку, яка підводиться до лінійки. При переміщенні приладу в напрямку, вказаному стрілкою, лінійка штовхає зразок, який ковзає по ній під дією сил  $F$  та  $N$ . Напрямок рівнодіючої  $R$  цих сил отримують, закріпивши на каретці, в яку поміщається зразок, олівець, що креслить траєкторію  $OD$  зразка на покладеному аркуші паперу. Сила  $N$  направлена по нормалі до лінійки.

Кут тертя  $\varphi$ , між траєкторією  $OD$  (напрямоком сили  $R$ ) і нормаллю (напрямоком сили  $N$ ), визначають наступним чином. Нормаль  $MN$  проводять так, щоб вона в будь-якій точці  $m$  перетиналась з траєкторією  $OD$ . Відклавши від точки  $m$  на прямій  $MN$  відрізок  $MK$ , рівний 100 мм, і

провівши перпендикуляр із точки  $K$  до прямої  $MN$ , отримують прямокутний трикутник  $MKD$ . Відношення катетів  $KD$  до  $KM$  цього трикутника є тангенс кута  $\varphi$ :

$$\frac{KD}{KM} = \frac{KD}{100} = \operatorname{tg} \varphi.$$

Вимірявши катет  $KD$  і підставивши в попередню формулу, отримаємо тангенс кута тертя, який рівний коефіцієнту тертя

$$f = \operatorname{tg} \varphi.$$

Експерименти потрібно проводити в трьох-п'ятикратній повторності для двох пар досліджуваних матеріалів.

Змінюючи довільно кут нахилу лінійки  $\alpha$  в доступних границях ( $\alpha < 90^\circ - \varphi$ ), слід провести 10...12 дослідів. Необхідно відмітити, що сила тертя каретки на папері направлена поздовж дії сили  $R$  і тому не впливає на точність визначення коефіцієнта тертя досліджуваного зразка по поверхні тертя.

Для кожного із серій замірів проводяться розрахунки за наведеними вище залежностями та розраховуються коефіцієнти тертя  $f$ . Середньоарифметичні значення коефіцієнта тертя обчислюються за формулою:

$$\bar{f} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n},$$

де  $n$  – число повторностей.

Кут тертя визначається за формулою:

$$\bar{\varphi} = \operatorname{arctg}(\bar{f}).$$

Загальний вигляд приладу В.О. Желіговського наведено на рис. 2.12.

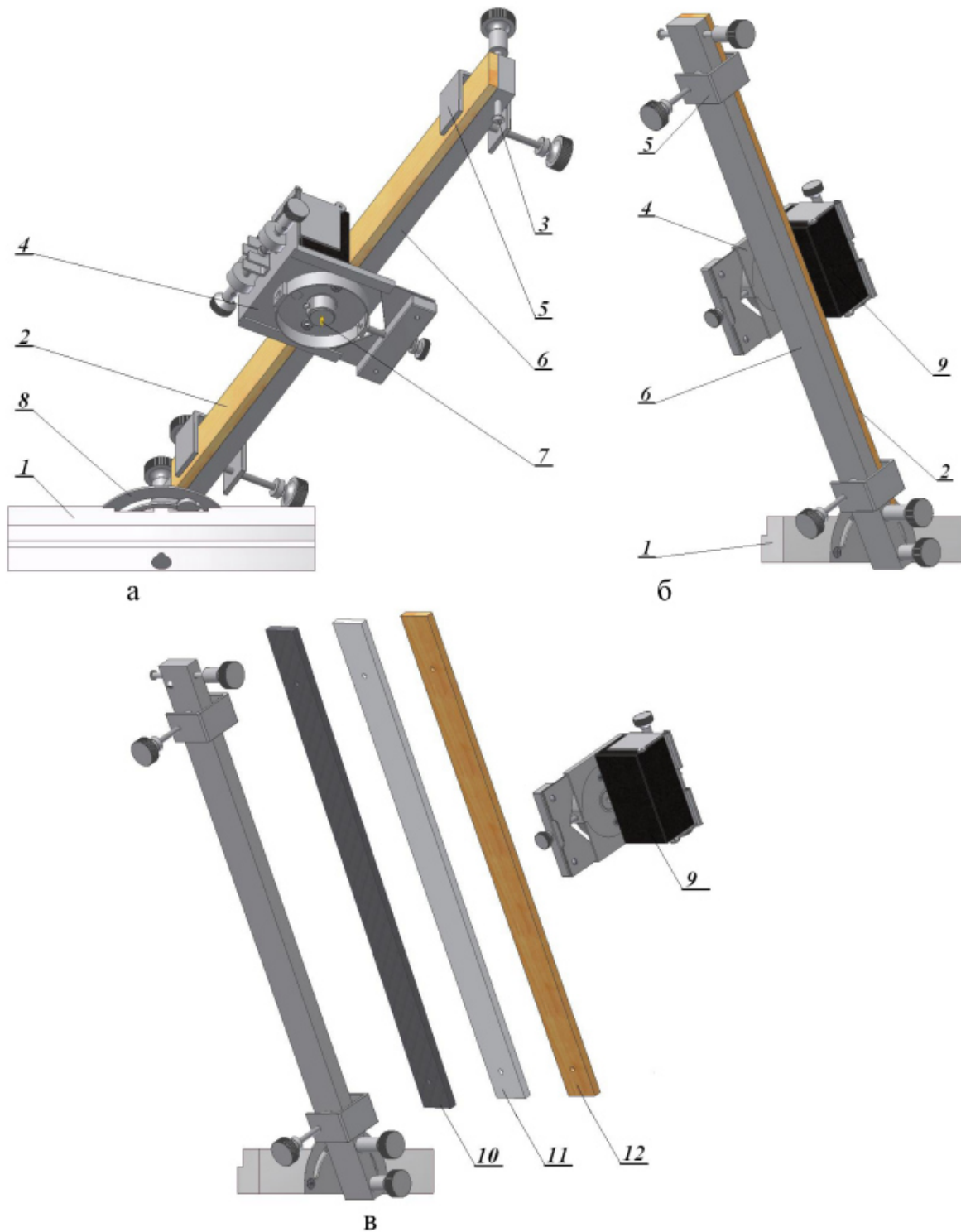


Рис. 2.12. Прилад В.О. Желіговського для визначення коефіцієнтів тертя ковзання:  
 а – вигляд знизу; б – вигляд згори; в – набір змінних лінійок та каретка із дослідним матеріалом;  
 1 – колодка; 2, 10, 11, 12 – лінійки змінні; 3 – полозок; 4 – каретка; 5 – струбцина; 6 – лінійка основна; 7 – пристрій записуючий; 8 – направляюча; 9 – досліджуваний матеріал

Коефіцієнт тертя ґрунту величина непостійна і залежить від ряду факторів, але головним чином від механічного складу ґрунту і вологості. Із зростанням зв'язності ґрунту (зі збільшенням вмісту в ґрунті «фізичної глини») коефіцієнт тертя збільшується. Однією із причин цього є те, що в малозв'язних піщаних ґрунтах окремі піщинки не ковзають, а перекочуються по поверхні тертя.

Ще більший вплив на коефіцієнт тертя має вологість ґрунту. При відносно низькій вологості ґрунтова волога не потрапляє до поверхні тертя і спостерігається сухе тертя. Із збільшенням вологості ґрунту від 8...10% до 30...45% виникають і збільшуються сили молекулярного притягування ґрунтових часток до поверхні метала, і процес переходить в фазу прилипання. Коефіцієнт тертя досягає максимуму. При подальшому збільшенні вологи в ґрунті, коли забезпечується її неперервний притік до поверхні контакту ґрунту з металом, волога відіграє роль змащування і коефіцієнт тертя знижується.

Коефіцієнти тертя  $f$  для різних ґрунтів коливаються в межах 0,25...0,9, а кут тертя  $\varphi$  – 14...42°. Для орієнтовних розрахунків, тобто без врахування механічного складу і вологості ґрунту, приймають  $f = 0,5$ , що відповідає  $\varphi = 25^\circ 31'$ .

#### *Методика визначення опору робочих органів ґрунтообробних машин і знарядь*

Тяговий опір ґрунтообробних машин – один з найбільш важливих показників їх роботи. Він суттєво впливає на енергоємність і економічну ефективність їх експлуатації та залежить від багатьох факторів: складу ґрунту і його стану, типу робочого органу і його параметрів, величини заглиблення і робочої швидкості руху та ряду інших. Внаслідок постійної зміни цих факторів під час роботи ґрунтообробного агрегату величина його опору також безперервно змінюється.

Найбільш поширеним способом оцінки тягового опору є динамометрування, що широко використовується при проведенні наукових досліджень та під час експлуатації ґрунтообробних машин. Динамометрування потрібно проводити для ефективного комплектування машин, установки норм виробітку і витрат пального, а також для забезпечення контролю технічного стану тракторів і сільськогосподарських машин, правильності їх регулювання. В умовах експлуатації динамометрування полягає у визначенні горизонтальної складової тягового опору ґрунтообробних машин. За цими даними можна дати порівняльну оцінку енергоємності різних машин. Існують методи динамометрування з використанням динамометричних рамок, а також із використанням тензодатчиків, які вмонтовуються в тяги і пальці трьохточкової навіски. Всі ці методи мають ряд недоліків, основними із яких є використання кількох датчиків і, як наслідок, неможливість безпосереднього вимірювання сумарних сил та великі похибки.

Досить просто вимірити опір ґрунтообробних машин і знарядь, використовуючи один силувимірювальний датчик чи механічний динамометр (рис. 2.13), який встановлюється між двома тракторами (рис. 2.14).



Рис. 2.13. Механічний пружинний динамометр типу ДПУ, що використовується для вимірювання тягового опору сільськогосподарських машин





Рис. 2.14. Зчіпка тракторів під час вимірювання тягового опору машини

Проведення лабораторних досліджень з визначення тягового опору окремих елементів конструкцій, робочих органів ґрунтообробних машин чи знарядь можна здійснювати у ґрунтовому каналі, оснащеному відповідним обладнанням (рис. 2.15). Це нерухомий короб 1 з ґрунтом, над яким рухається рушій (транспортний візок) 2 зі зразком 3, властивості якого вивчаються. Робоча швидкість агрегату регулюється зміною передавального відношення приводу на транспортний візок за допомогою коробки зміни передач 4, а заглиблення робочого органу змінюється шляхом обертання ручки 5 підйомного механізму 6.

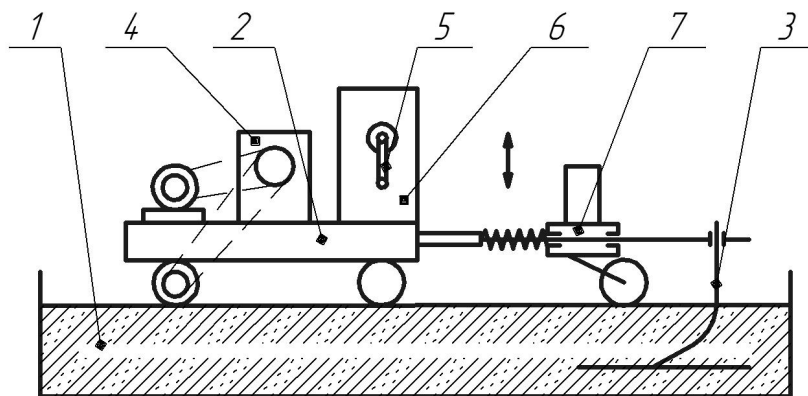


Рис. 2.15. Лабораторна установка «Ґрунтовий канал»: 1 – короб з ґрунтом; 2 – рушій; 3 – зразок; 4 – механізм передач; 5 – ручка; 6 – підйомний механізм; 7 – тягомір

Реєстрація тягового опору робочого органу може здійснюється тягомір, схема якого представлена на рис. 2.16 а. Він складається з корпусу-напрячника 1, через який, спираючись на підшипники, проходить гряділь 2. До нього за допомогою тримачів закріплено робочий орган 3. Переміщення гряділя в корпусі обмежується пружиною 4 і упором 5. До корпусу шарнірно закріплені два опорні колеса 6 з механізмом регулювання глибини ходу 7 робочих органів, а також записуючий пристрій 8.

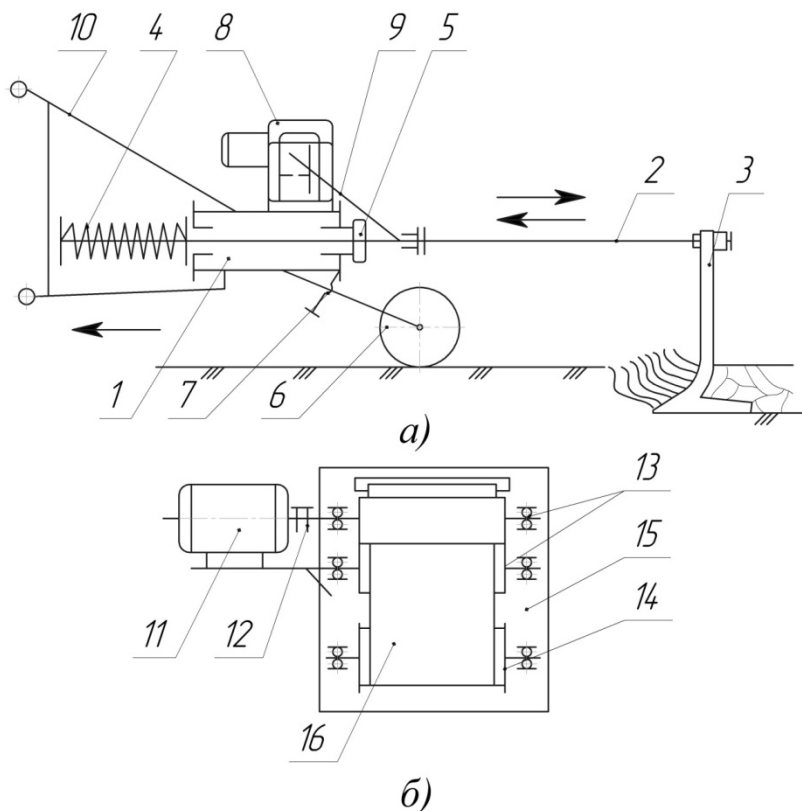


Рис. 2.16. Схема лабораторної установки для дослідження тягового опору робочих органів ґрунтообробних машин:

а) тягомір, б) записуючий пристрій

Відносне переміщення гряділя 2 у горизонтальній площині передається до записуючого пристрою 8 через систему важелів 9. З'єднання пристрою 9 з візком здійснює навіска 10.

Записуючий пристрій 8 (рис. 2.16б) складається з електродвигуна 11, муфти 12, стрічкопротягувального

пристрою 13, котушки з папером 14 і ємності 15 для вкладання паперової стрічки 16 із записаною інформацією.

Тягомір працює таким чином. За допомогою навіски 10, що є одним цілим з напрямним корпусом, він з'єднується з візком ґрунтового каналу. За допомогою кронштейна до гряділя 2 закріплюється робочий орган 3.

За допомогою механізму регулювання 7 встановлюється потрібна глибина ходу. Записуючий механізм заправляється діаграмним папером 16, на який встановлюється записуючий елемент, закріплений до системи важелів 9. При переміщенні робочого органу в ґрунтовому каналі з боку ґрунту на нього діє відповідний опір, який передається через гряділь 2 на пружину 4 і на певну величину стискає її.

Пропорційно стисненню пружини гряділь переміщується відносно напрямного корпусу вправо. Величина переміщення гряділя залежить від величини опору ґрунту і передається системою важелів від робочого органу до записуючого пристрою, який здійснює запис на паперову стрічку, що рухається з постійною швидкістю. Відхилення записаної кривої на папері від нульової лінії пропорційне переміщенню гряділя, а значить, і величині тягового опору. Паперова стрічка 16 із записом значень означеного параметру, що контролюється, складається в ємність 15, де знаходиться до закінчення досліду.

В результаті досліду отримують діаграму тягового опору ґрунтообробного робочого органу (рис. 2.17), визначення якого здійснюється шляхом її тарування. Тарування пружини тягоміра показує, що наприклад її деформація на 10 мм відповідає навантаженню 20 кг. Щоб отримати узагальнене значення тягового опору для відповідних умов, потрібно провести заміри величини відхилення діаграми від нульової лінії через певний крок, але не менше ніж для 10 замірів і підрахувати їх середнє значення. Досліди провести в трьох повторностях.

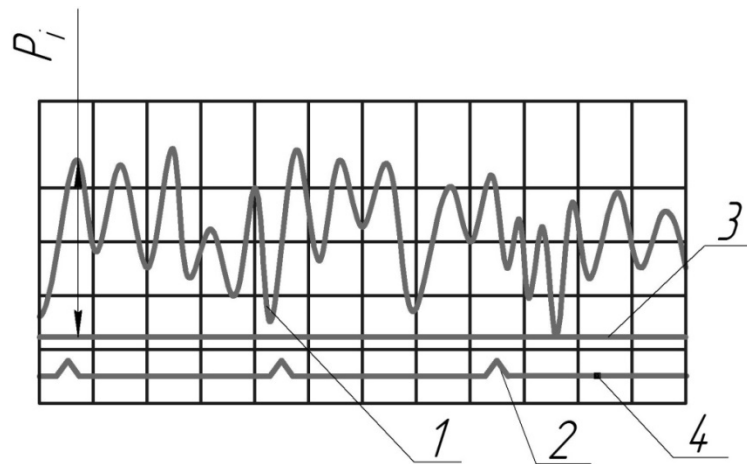


Рис. 2.17. Загальний вигляд запису на діаграмному папері величини тягового опору та швидкості переміщення робочого органу в ґрунті:

1 – тяговий опір; 2, 4 – дискретна інформація про зміну швидкості; 3 – лінія нульового значення тягового опору

Методика обробки інформації для визначення реальних значень тягового опору та швидкості переміщення в ґрунті досліджуваних робочих органів по записах на діаграмному папері відбувається у наступній послідовності.

З усіх розглянутих в процесі експерименту факторів в аналоговому вигляді на діаграмному папері здійснюється запис зміни величини тягового опору, характер якого представлений кривою 1 (рис. 2.17).

Середнє значення  $P_{cp}$  величини тягового опору визначається через середнє значення ординати відхилення кривої 1 від нульової лінії 3 з інтервалом на діаграмному папері рівним  $\Delta l$ , що відповідає  $x$  см пройденого шляху на заліковій ділянці.

Фактичне значення величини тягового опору визначається з урахуванням масштабного коефіцієнта  $k_{cp}$  і становить:

$$P_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \cdot k_{cp}.$$

Визначення реальної швидкості переміщення робочих органів в ґрунті здійснюється, виходячи з довжини  $S'$  ділянки лінії 3 між мітками 4, яка на поверхні поля відповідає шляхові  $S$ , який проходить дослідна установка за один оберт її опорного колеса:

$$S = \pi \cdot D,$$

де  $D$  – діаметр колеса дослідного пристрою.

Враховуючи те, що швидкість переміщення діаграмного паперу постійна, через відстань  $S'$  на папері можна визначити час  $t$ , за який дослідна установка проходить шлях  $S$ :

$$t_s = \frac{S'}{V_n}.$$

Звідси і фактичну швидкість, з якою був пройдений відрізок шляху довжиною  $S$ :

$$V_{cp} = \frac{SV_n}{S'} = \frac{\pi D \cdot V_n}{S'}.$$

Для обробітку статистичних даних отриманих результатів експериментальних досліджень застосовуються стандартні методики, викладені в прикладних програмах для ПК.

*Методика визначення структури ґрунту та якості роботи ґрунтообробних знарядь за коефіцієнтом кришення ґрунту*

Здатність ґрунту розпадатися на окремі структурні агрегати називається структурністю ґрунту. Структурність ґрунту є одним із показників степені його родючості і окультуреності, а також може виступати одним із показників оцінки якості роботи ґрунтообробних робочих органів після механічного обробітку. Агрегати діаметром більше 0,25 мм називаються макроагрегатами, дрібніші 0,25 мм – мікроагрегатами. Чим більша частина ґрунтових

часток агрегатована в грудочки, тим вища агрономічна цінність ґрунту. Це пов'язано з тим, що структурний ґрунт володіє рядом більш сприятливих властивостей для сільськогосподарських культур, порівняно із безструктурним чи малоструктурним ґрунтом. Насамперед структурний ґрунт володіє хорошою водопроникністю, повітропроникністю, під час обробітку краще кришиться, розпадаючись на дрібногрудкуваті агрегати. Безструктурний розпилений ґрунт швидко запліскується і ущільнюється, на поверхні часто утворюється поверхнева кірка, різко погіршуються повітро- і водопроникність. Безструктурний ґрунт важко піддається обробці: погано кришиться і утворюються крупні брили.

Агрономічно цінною є тільки така структура, яка забезпечує родючість ґрунту. В агрономічному плані цінними вважаються агрегати розміром від 0,25 до 10 мм (макроструктура). Більш крупні агрегати відносяться до глибистої частини ґрунту (мегаструктура). В засушливих умовах найбільше значення мають дрібні агрегати, на перезволожених – більш крупні. На дерново-підзолистих ґрунтах мікроагрегати (менше 0,25 мм) відносяться до розпиленої частини ґрунту.

Важливою особливістю структури ґрунту є її водотривкість, під якою розуміють здатність ґрунтових агрегатів протидіяти розмиваючій дії води. Водотривка структура менше руйнується і більш тривалий час зберігає сприятливий стан, який надається ґрунту механічним обробітком.

Встановлено, що найбільша кількість водотривких агрегатів (60...70%) містить чорнозем, дерново-карбонатні ґрунти – до 60% і значно менше агрегатів у дерново-підзолистих ґрунтах (25...45%). В супіщаних ґрунтах агрегатів міститься менше, ніж в суглинках.

Агрономічне значення мають не тільки

дрібногрудкувата водотривка структура, але й усі агрегати орного горизонту, на які розпадається ґрунт під час механічного обробітку.

Кількість агрегатів, їх розміри, міцність і пористість залежать від вмісту гумусу в ґрунті, гранулометричного складу ґрунту, від механічного обробітку і біологічних особливостей культур, які вирощуються. Структура ґрунту покращується при внесенні добрив, насамперед органічних, правильному обробітку ґрунту та раціональному чергуванню культур у сівозміні, вапнуванні кислих ґрунтів, вирощуванні багаторічних трав і сидератів.

Під час визначення структурного складу ґрунту найбільш поширеним методом є метод розсіювання на ситах. Метод складається із двох частин: кількість агрегатів певного розміру знаходять методом «сухого» агрегатного аналізу, водотривких агрегатів – методом «мокрого» агрегатного аналізу.

*Метод «сухого» агрегатного аналізу за методом М.І. Саввінова.* Із зразка нерозтертого повітряно-сухого ґрунту беруть середню пробу 0,5...2,5 кг (як правило 1 кг). Обережно відбирають корені, гальку та інші включення. Середню пробу просіюють через колонку сит діаметром 10, 7, 5, 3, 2, 1, 0,5 і 0,25 мм (рис. 2.18). Порядок установки сит – від сита з максимальними отворами 10 мм до сита із мінімальними – 0,25 мм. Для отворів діаметром 10...3 мм матеріал сита є перфороване полотно із нержавіючої сталі із круглими отворами. Для отворів 2...0,25 мм матеріал сита – сітка із латуні. Внизу колонки сит установлюється піддон, а згори – кришка. Ґрунт просіюють невеликими порціями (100...200 гр.), без сильних струшувань протягом 3 хв. Коли сита роз'єднують, кожне із них злегка постукують долонею по ребру, щоб звільнити застрягли агрегати.





За даними сухого просіювання розраховують коефіцієнт структурності:

$$K_{стр} = \frac{A}{B},$$

де  $K_{стр}$  – коефіцієнт структурності ґрунту;

$A$  – сума агрегатів розміром від 0,25 до 10 мм, %;

$B$  – сума агрегатів < 0,25 мм і комків > 10 мм, %.

*Метод «морого» агрегатного аналізу.* Для визначення водотривкості агрегатів створюють середню пробу по 50 гр. із всіх необхідних фракцій агрегатів, які отримані при сухому просіюванні, пропорційно їх відсотковому вмісту. Для цього беруть кожну фракцію в кількості, яка дорівнює в грамах половині відсоткового вмісту її в даному ґрунті. Наприклад, якщо вміст фракції 3...2 мм складає 10%, то навіску цієї фракції для середньої проби беруть 5 грам. В середню пробу не включають фракцію < 0,25 мм, щоб не забивати нижні сита при просіюванні. Тому навіска отримується менше 50 грам, але при розрахунках результатів за 100% приймають навіску 50 грам.

Відібрану пробу висипають в літровий скляний циліндр і повільно по стінкам наливають води до 2/3 об'єму циліндра для витиснення повітря. Щоб прискорити витиснення повітря, циліндр закривають пробкою, двічі нахиляють до горизонтального положення і повертають у вертикальне. Ґрунт залишають на 10 хв. в покої, після чого доливають циліндр до верху водою, закривають пробкою і перевертають вверх дном, очікуючи поки всі частки ґрунту не осядуть донизу. Потім циліндр повертають у початковий стан і знову очікують поки весь ґрунт не осяде на дно. Після 10 таких обертів закритий циліндр перевертають над набором сит, що стоять у воді в широкій посудині (рис. 2.19), причому вода у посудині

має бути на 5...6 см вищою за борта верхнього сита. Набор із сит перед цим методом агрегатного аналізу попередньо готують. У посудину із водою занурюють набор із 6 сит діаметром в 20 см і висотою борта 3 см та отворами діаметрами 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 5 мм.

Під водою відкривають пробку циліндра і, не відриваючи його від води, плавними рухами розподіляють ґрунт по поверхні сита. Через хвилину, коли всі агрегати упадуть на сито, циліндр закривають пробкою під водою і виймають із посудини. Перенесений на сито ґрунт просіюють під водою. Для цього набір сит повільно піднімають на 5...6 см і швидко опускають на 3...4 см. струшування повторюють 10 разів з проміжками 2...3 с. Потім сита з діаметрами отворів <1 мм знімають, не виймаючи всього набору сит із води, а інші струшують ще 5 разів та виймають із води. Агрегати ґрунту, що залишилися на ситах змивають струменем води у фарфорові чашки. Надлишок води у чашках зливають. Із великих фарфорових чашок агрегати змивають в наперед зважені алюмінієві стакани, а потім висушують на водяній бані і зважують. Вміст фракцій розраховують за формулою:

$$X = \frac{m_1 \cdot 100}{m},$$

де  $X$  – вміст агрегатів певного розміру, %;

$m_1$  – маса агрегатів, гр;

$m$  – навіска ґрунту, взятого для аналізу (50 г).

За результатами агрегатного аналізу розраховують коефіцієнт структурності  $K_{стр}$  за раніше наведеною формулою. Чим вищим є коефіцієнт структурності, тим кращою є структура ґрунту. С.І. Долгов та П.У. Бахтін запропонували наступну шкалу для оцінки структурного стану ґрунтів (табл. 2.2).

Критерій водотривкості, який показує відносний вміст водотривких агрегатів, виражений у % від

загального вмісту агрегатів розміром від 1 до 0,25 мм визначають за формулою:

$$A = \frac{C_{ВП} \cdot 100}{C},$$

де  $A$  – критерій водотривкості, %;

$C$  – вміст агрегатів від 1 до 0,25 мм при сухому просіюванні, %;

$C_{ВП}$  – вміст вологотривких агрегатів від 1 до 0,25 мм, %.

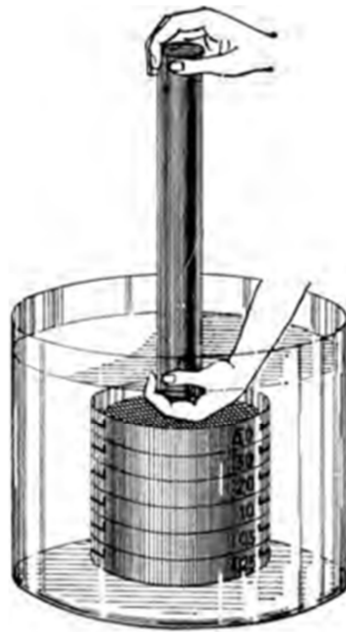


Рис. 2.19. Установка для фракціонування ґрунту на ситах у воді

Таблиця 2.2

Оцінка структурного стану ґрунту

Вміст агрегатів 0,25...10 мм, $K_{стр}$ до маси повітряно-сухого ґрунту		Оцінка
Сухе просіювання	Мокре просіювання	
Більше 80	Більше 70	Відмінний
80...60	70...55	Добрий
60...40	55...40	Задовільний
40...20	40...20	Незадовільний
Менше 20	Менше 20	Поганий

Для визначення якості роботи ґрунтообробних знарядь за коефіцієнтом кришення ґрунту, проводять визначення структури ґрунту після обробітку за методом М.І. Саввінова. Але при цьому замість сит використовують решітний класифікатор (рис. 2.20) із розмірами отворів 100; 75; 50; 25; 10 мм і визначають коефіцієнт кришення ґрунту  $k$  :

$$k = \frac{m_1}{m_2} \cdot 100\%,$$

де  $m_1$  – маса агрегатів ґрунту розміром менше 50 мм, кг;  
 $m_2$  – загальна маса навіски, кг.



Рис. 2.20. Решітний класифікатор для визначення коефіцієнту кришення ґрунту

*Визначення якісних показників обробітку ґрунту при проведенні полицевої оранки*

Якість оранки визначають за такими показниками: глибині, вирівняності і гребнистості поверхні поля. Додатково визначають ступінь пухкості або спушеності поля, глибистість, ступінь і глибину заробки дернини,

стерні, бур'янів і добрив, відсутність огрхів і недоораних частин поля. Нормативні показники якості оранки зведені в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3

## Показники якості при проведенні оранки

Показник	Вимоги і допуски
Відхилення фактичної глибини оранки від заданої, см: - на вирівняних ділянках - на невирівняних ділянках	$\pm 1$ $\pm 2$
Стабільність глибини, %	80 і більше
Фактична ширина захвату агрегату	$\pm 5\%$
Викривлення рядів оранки (прямолінійність), м	$\pm 1$ на 500 м довжини гону
Ступінь рихлості обробленого поля	коефіцієнт розпушеності 1,2...1,3
Кришення скиби (наявність греб діаметром більше 5 см), %	не більше 15
Висота гребнів, см	не більше 5
Заробка пожнивних залишків, бур'янів, добрив, %	не менше 95
Своєчасність заглиблення і піднімання плуга, м	1,5 від контрольної лінії
Висота звальних гребнів і глибина розвальних борозен, см	не більше 7
Швидкість руху орного агрегату, км/год: - із звичайними робочими органами - із швидкісними робочими органами	5...8 8...12
Огріхи, необроблені поворотні смуги, незароблені розгінні борозни і незорані звальні гребні	не допускаються

Своєчасність оранки оцінюється порівнянням фактичного часу виконання операції з оптимальним часом для даного району.

Глибина оранки визначається за висотою стінки борозни, яку залишає задній корпус плуга. Це роблять з допомогою борозноміра або лінійками (рис. 2.21 а), попередньо очистивши дно борозни від обрушеного ґрунту і розрівнявши верхній край стінки борозни. Проводять до 20 замірів: 10 в прямому і 10 у зворотному напрямку руху орного агрегату.

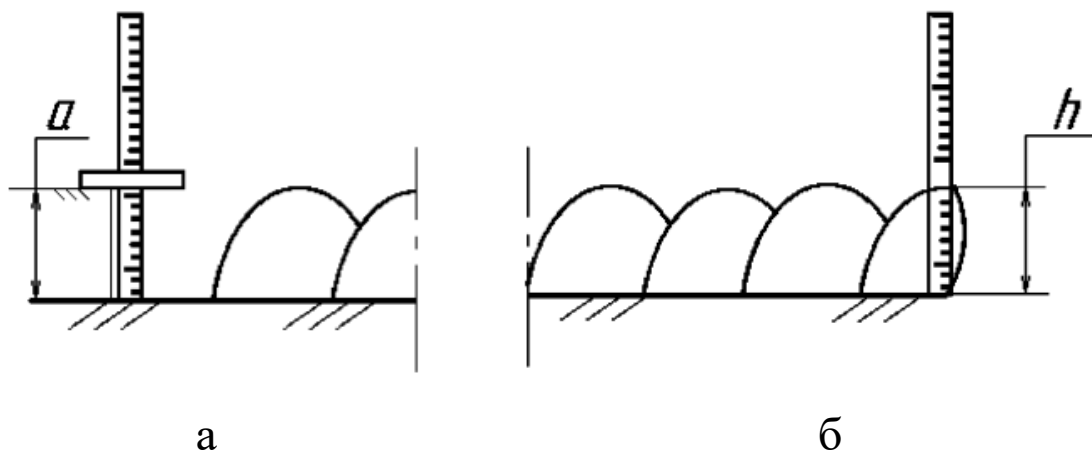


Рис. 2.21. Схеми для визначення глибини оранки:  
а – під час оранки; б – після оранки

На обробленому полі заміри глибини обробітку проводяться по діагоналі ділянки. Лінійку (стержень) опускають до ущільненого дна (рис. 2.21 б), розрівнявши попередньо поверхню оранки.

Глибину оранки  $a$  визначають з врахуванням розпушеності ґрунту після обробітку:  $a = h - k_{\text{г}} \cdot a$ . Коефіцієнт розпушеності  $k_{\text{г}}$  розраховують за формулою:

$$k_{\text{г}} = \frac{h}{a} - 1,$$

де  $a$  – глибина оранки, заміряється по відкритій стінці борозни, м

$h$  – висота зораного шару ґрунту, м.

Важливим також є показник стабільності глибини оранки, який визначається за формулою:

$$P_z = 100 - \frac{S}{a_{cp}} \cdot 100, \%$$

де  $S$  – середньоквадратичне відхилення, м;  
 $a_{cp}$  – середнє значення глибини оранки, м.

*Гребнистість* поверхні поля визначають з допомогою простого пристосування, яке складається із двох кілочків, які з'єднані між собою гнучким шнуром довжиною 10 м (рис. 2.22). До одного кінця шнура закріплюють мірну стрічку довжиною 3 м. На зораній ріллі встановлюють один кілочок, впоперек до напрямку оранки натягують шнур і встановлюють другий кілочок.

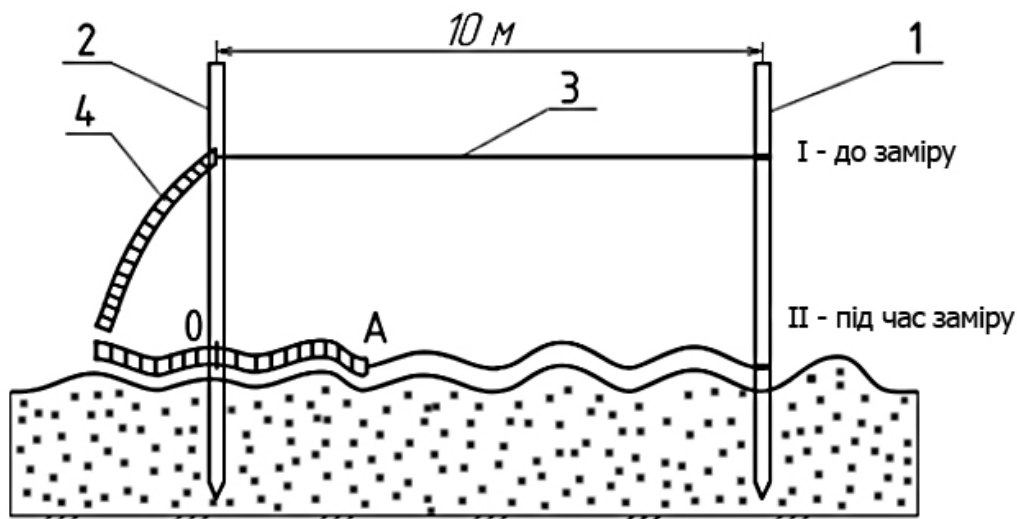


Рис. 2.22. Пристосування для визначення гребнистісті ґрунту:

1, 2 – кілочки; 3 – шнур; 4 – мірна стрічка

Потім від цього кілочка від'єднують шнур і вкладають його на поверхню поля таким чином, щоб він копіював всі нерівності, після чого визначають за допомогою прикріпленої до кілочка мірної стрічки і укладеної на поверхню поля із копіюванням його рельєфу, відстань від кінця шнура до другого кілочка  $AO = l_2$ .

За отриманими середніми даними п'яти замірів визначають степінь вирівняності поверхні поля:

$$C_2 = 100 - 10 \cdot l_2, \%$$

*Брилистість* визначають за допомогою рамки площею  $1 \text{ м}^2$  та лінійки. Для цього в п'яти місцях зораного поля в межах покладеної рамки підраховують площу брил, крупніших за  $0,1 \text{ м}$ . Показник брилистості визначають за формулою:

$$B = 100 \cdot P_6, \%$$

де  $P_6$  – середнє значення площі брил, більших за  $0,1 \text{ м}$  на п'яти ділянках,  $\text{м}^2$ .

*Відхилення фактичної ширини захвату плуга від конструктивної* визначають за наступною методикою. На зораному полі встановлюють 10 кілочків через  $2 \text{ м}$  на відстані від краю борозни попереднього проходу, дещо більшій за ширину захвату плуга. Вимірюють відстань від кілочків до стінки борозни попереднього проходу  $A_i$  (рис. 2.23).

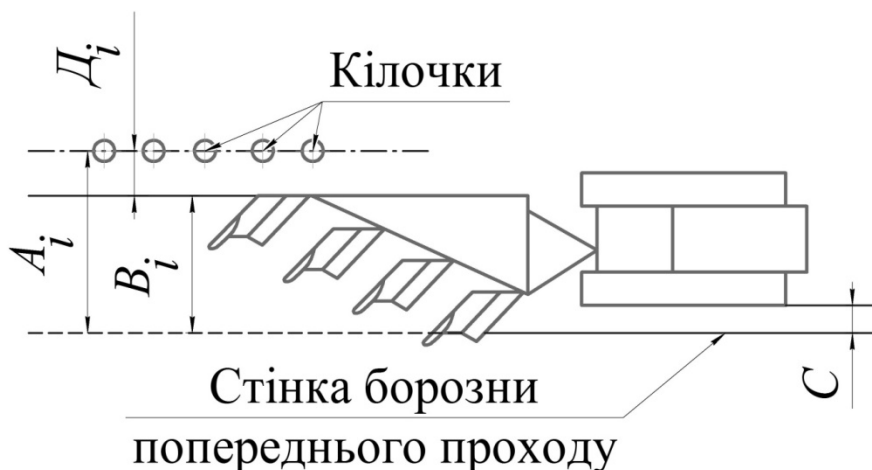


Рис. 2.23. Схема для визначення фактичної ширини захвату плуга

Після наступного робочого проходу агрегату вимірюють відстань від цих же кілочків до стінки борозни  $D_i$ . Різниця  $(A_i - D_i)$  і є фактичною шириною захвату



плуга  $B_i$ . За отриманими даними знаходять середнє значення  $B_{cp}$ .

Відхилення фактичної ширини захвату від конструктивної:

$$O_{II} = \frac{B_{cp} - B_n}{B_n} \cdot 100, \%,$$

де  $B_n$  – конструктивна ширина захвату плуга, м.

*Злитність оранки.* Оранка вважається зливою, якщо відстань між гребнями і їх висота однакові, причому як в середині кожного проходу, так і між суміжними проходами. Визначають її як вимірюванням відстані між гребнями, так і шляхом вимірювання ширини захвату переднього корпусу плуга.

Ширину захвату визначають при зупиненому на полі агрегаті. Вимірюють відстань від стінки борозни попереднього проходу до польового обрізу переднього корпусу плуга  $B_1$ . Ця величина має дорівнювати конструктивній ширині захвату корпусу плуга:  $B_1 = b_k$ .

У випадку невідповідності фактичного захвату конструктивному змінюють положення трактора в процесі роботи відносно стінки борозни.

*Визначення якісних показників обробітку ґрунту при проведенні безполицевого обробітку*

Основний обробіток без обертання скиби є альтернативою класичній оранці і може служити основою ґрунтозахисного енергоощадного землеробства. Такі операції виконуються безполицевими знаряддями: плоскорізами, глибокорозпушувачами, чизелями, дисковими або фрезерними знаряддями. Метою такого обробітку є захист ґрунту від ерозій та скорочення затрат на основний обробіток ґрунту.

Основні агротехнічні вимоги до таких операцій

зводяться до забезпечення заданої глибини обробки, повного підрізання ґрунту, здебільшого максимальному збереженню на поверхні поля стерні.

Показниками якості безполицевого обробітку служать терміни виконання операцій, глибина і її рівномірність, відсоток непідрізаних бур'янів, відсоток збереженої стерні і відсутність огріхів. Загальні показники якості роботи машин і знарядь для безполицевого обробітку зведені в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4

Показники якості при обробітку безполицевими  
знаряддями

Показник	Вимоги і допуски
Відхилення фактичної глибини безполицевого обробітку від заданої, см:	не більше 10% або $\pm 2$ см.
Збереження стерні на ділянці, %	залежить від вимог, може бути до 85%
Прямолінійність проходу агрегата,	не більше $\pm 20$
Ширина стикових міжрядь, см	не менше 10

Вибір знарядь при безполицевому обробітку, глибина, ступінь захисту ґрунтів від ерозій, кількість рослинних решток на поверхні поля залежать від кліматичної зони, попередника, засміченості полів, умов проведення операцій та рельєфу поля.

*Методи визначення якості обробітку ґрунту без обертання скиби*

Для плоскорізного обробітку і глибокого рихлення, в тому числі і чизельними знаряддями, визначають наступні якісні показники: глибину обробітку і її стабільність, ступінь збереження стерні, ступінь підрізання бур'янів, брилистість, гребнистість поверхні поля, величину перекриття між суміжними проходами лап.

*Глибину обробітку* вимірюють на відстані 250...300 мм від слідів стояків не менше ніж в 20 місцях по діагоналі обробленого поля. Вимірювальний металевий стержень втискають вертикально в ґрунт до упору в дно борозни. Отримане середнє значення зменшують на величину спущеності ґрунту, яка складає 20...25%. Відхилення фактичної глибини рихлення від заданої не повинно перевищувати  $\pm 7\%$ , або  $\pm 10$  мм при глибині обробітку 150 мм;  $\pm 15$  мм – 220 мм та  $\pm 20$  мм – 300 мм. Показник стабільності глибини обробітку визначають аналогічно із полицевою оранкою. Можна дотримуватися і такої вимоги, що отримані значення глибини розпушування мають відрізнитися від середнього значення не більше ніж на  $\pm 10\%$ .

*Ступінь збереження стерні.* По ширині захвату агрегата вимірюють ширину кожної пошкодженої і засипаної полоси. Пошкодження рушіями трактора і колесами машини не враховуються. Потім за сумарною шириною полоси  $C_{\Pi}$  і шириною захвату агрегата  $B_3$  визначають ступінь збереження стерні  $C_{3C}$ :

$$C_{3C} = \frac{B_3 - C_{\Pi}}{B_3} \cdot 100 \%$$

Має забезпечуватися повне підрізання бур'янів, достатнє кришення ґрунту. Вміст агрегатів розміром менше 50 мм має бути більшим за 80%.

На полі допускаються на стику проходів лап гребні висотою до 50 мм, а в місцях переміщення стояків – борозни шириною не більше 200 мм і глибиною до 80 мм.

Величина перекриття лап між суміжними проходами агрегату має бути не меншою 200 мм. Що дозволяє уникнути появи огріхів і необроблених полос.

*Ступінь винесення вологого ґрунту* на денну поверхню поля розраховується за формулою:

$$C_6 = \frac{P_6}{P_0} \cdot 100, \%,$$

де  $P_6$  – площа, зайнята винесеним вологим ґрунтом, м<sup>2</sup>;  
 $P_0$  – облікова площа, м<sup>2</sup>.

Винесений на поверхню вологий ґрунт більш темний, і він добре виділяється, що спрощує визначення зайнятої ним площі.

## 2.2. Визначення властивостей насіннєвого матеріалу

При впровадженні сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур, які забезпечують за сприятливих агрокліматичних умов отримання високих врожаїв важливе значення має якість насіння.

Якість насіння – це сукупність ознак і властивостей насіння, що характеризують їх відповідність встановленим вимогам як до посівного матеріалу. До найбільш впливових агрономічних показників якості насіння можна віднести енергію проростання та його схожість.

Схожість насіння – це здатність давати нормально розвинені проростки. Одночасно зі схожістю визначають енергію проростання – здатність швидко і дружно проростати.

Схожість (лабораторна) – це відношення кількості пророслого насіння до кількості висіяного, що визначається в лабораторних умовах, виражене у відсотках.

*Методика визначення схожості та енергії проростання (на прикладі насіння цукрових буряків)*

Для визначення схожості використовують метод М.К. Фірсової. З насіння основної культури, виділеного з наважок при визначенні чистоти, відбирають чотири проби по 100 насінин в кожній. Насіння цукрових буряків

закладають для набухання у воду з температурою 30°C на чотири години. Рівень води повинен бути на 1..2 см вище рівня насіння.

Як підстилку (ложе) використовують кварцовий пісок. Перед використанням пісок промивають, прожарюють для знезараження і просівають крізь сито. Перед закладкою пісок вирівнюють і ущільнюють.

Наприкінці часу набухання (чотири години) насіння виймають і закладають у вологий пісок (рис. 2.24), вдавлюючи нарівні з його поверхнею на однаковій відстані одне від одного. Зверху накривають шаром марлі та шаром піску товщиною 0,5..1,0 см. Верхній шар піску також ущільнюють. Пророщують насіння цукрових буряків в приміщенні за температури 20°C протягом 30 годин, а потім, при 30°C протягом двох діб. Для підрахунку пророщених насінин шар піску знімають разом з марлею.



Рис. 2.24. Загальний вигляд насіння після посадки у кварцовий пісок

Підрахунок пророщених насінин виконують двічі:

- перший раз – через 5 діб для визначення енергії проростання;
- другий раз – через 10 діб для визначення схожості.

Енергію проростання виражають у відсотках через відношення насінин, які проросли за встановлений термін, до всієї їх кількості:

$$E = \frac{N_n}{N} \cdot 100\%,$$

де  $N_n$ ,  $N$  – відповідно, кількість насінин, що проросли, та початкова кількість насінин ( $N=100$  шт.).

Непророслими насінинами вважають ті, у яких до кінця терміну для визначення схожості (10 діб) росток складався з одного паростка, а корінець не розвинувся до кінця або розвинувся хворим, гнилим.

Схожість насіння визначають за формулою:

$$C = \frac{N_p}{N} \cdot 100\%,$$

де  $N_p$ ,  $N$  – відповідно, кількість насінин, що дали потрібні, згідно вимог, паростки та початкова кількість насінин ( $N=100$  шт.).

Наприкінці терміну встановлення схожості та енергії проростання визначають середнє значення з чотирьох проб.

Якщо у пробі виявилось, що відхилення більше за допустиме, то відсоток енергії проростання та схожості встановлюють за трьома пробами. А якщо у двох пробах виявлено відхилення, то енергію проростання та схожість встановлюють за допомогою проведення повторного пророщування.

#### *Методика визначення життєздатності насіння*

Життєздатність визначають за методом В.І. Іванова. Беруть дві проби по 100 насінин у зразку та намочують їх у воді з кімнатною температурою ( $18^\circ \dots 23^\circ$ ) протягом 10-11 годин. Набухлі насінини частково висушують на фільтрувальному папері. Потім гострим лезом кожен насінину надрізають по повздовжній осі навпіл. Від

кожної насінини беруть для фарбування тільки одну половинку і одразу поміщують її в склянку з водою, не допускаючи підсихання, промивають і видаляють залишки розірваних тканин з поверхні надрізу. В ємність з 0,1%-м розчином кислого фуксину занурюють половинки насінин, обережно похитуючи її для видалення повітряних кульок і залишають на 10-15 хвилин, після чого розчин зливають, а половинки насінин розкладають на фільтрувальному папері і проводять їх огляд.

До життєздатних насінин відносять всі половинки з не зафарбованим зародком, до нежиттєздатних відносять всі насінини з частково або повністю пофарбованим зародком. Відсоток життєздатних насінин встановлюють як середнє арифметичне з двох проб.

### **2.3. Визначення якості висіву насіння пневмомеханічними висівними апаратами**

Існує велика кількість різновидів пневмомеханічних висівних апаратів – вакуумних і надлишкового тиску, які повинні, незалежно від конструкції, забезпечити агротехнічні вимоги щодо якості дозування (висіву) насіння у створену сошником борозну.

На першому етапі роботи апаратів важливо створити однозернове захоплення посівного матеріалу робочими отворами диску без «пропусків» і «двійників». Другий етап – забезпечення рівномірного розподілу насіння у борозні, яке залежить від багатьох чинників: якості виконання першого етапу, співвідношення швидкостей обертання диску та руху сівалки, відмінностей індивідуальних властивостей насінин, якості передпосівного обробітку ґрунту і рельєфу поля, параметрів борозни тощо.

Таким чином, основні дослідження якісних показників роботи висівних апаратів зводяться до

визначення коефіцієнта заповнення отворів диску, який вказує на наявність або відсутність «пропусків» і «двійників» та коефіцієнта варіації, що характеризує відхилення фактичних відстаней між насінням, висіяним у борозну від середніх (заданих).

Для визначення коефіцієнта заповнення отворів достатньо мати дослідний висівний апарат з механізмом приводу і пристрій відеофіксації (відеокамера) процесу прismsоктування насіння.

Для комплексної оцінки якісних показників роботи висівних апаратів використовують лабораторні установки типу «Липка стрічка» (рис. 2.25), «Липкий барабан» або інші, які дозволяють визначати не тільки заповнення отворів, а й відстані між насінинами в рядку.

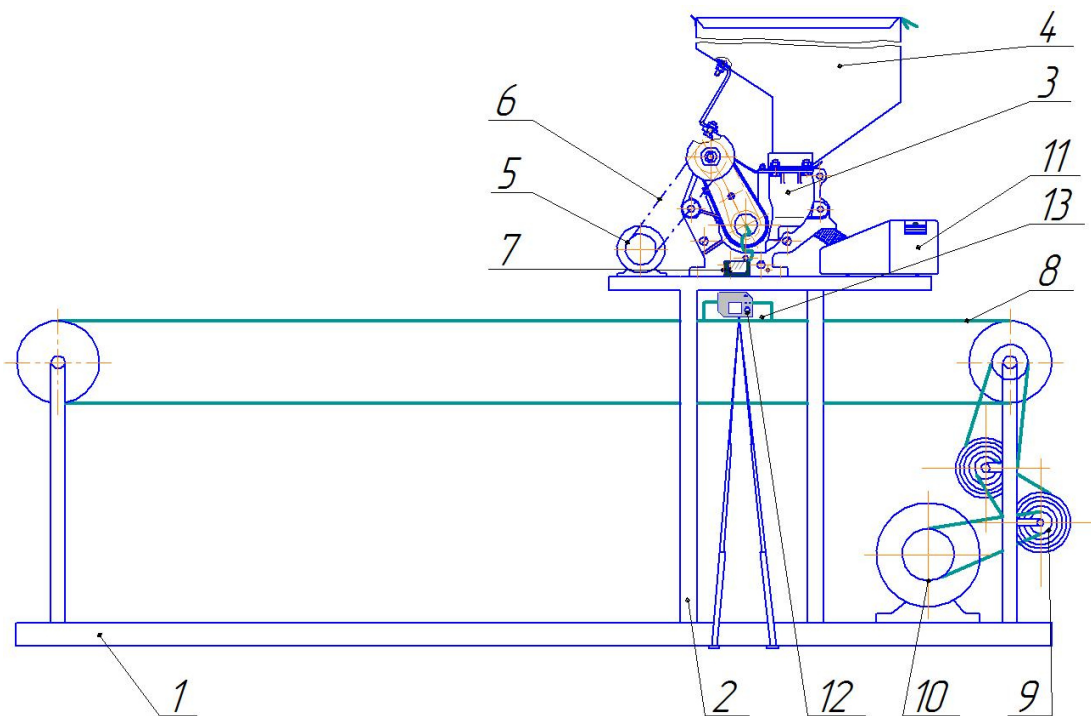


Рис. 2.25. Схема установки «Липка стрічка»:

1 – рама; 2 – кронштейн; 3 – висівний апарат; 4 – бункер; 5 – двигун приводу висівного апарата; 6 – ланцюгова передача; 7 – тахометр; 8 – стрічковий транспортер; 9 – механізм приводу; 10 – двигун приводу стрічкового транспортера; 11 – вакуумний насос; 12 – відеокамера; 13 – ємність для насіння.



### *Методика визначення коефіцієнта заповнення комірок висівного диска*

Дозуюча здатність висівного апарату оцінюється коефіцієнтом заповнення комірок, який дорівнює відношенню кількості фактично висіяного насіння за певний проміжок часу до кількості комірок висівного диска, які пройшли точку скидання за цей же час.

Тобто:

$$K = \frac{n}{N} \cdot 100\%,$$

де:  $n$  – кількість фактично висіяного насіння за фіксований проміжок часу (або за певну кількість обертів висівного диска, як правило, за 10 обертів), шт.;

$N$  – кількість комірок висівного диска, які пройшли точку скидання за цей же час (за той самий час або ту саму кількість обертів висівного диску), шт.

Коефіцієнт заповнення повинен бути якомога близьким до 100%. Для виключення можливості отримання «двійників» насіння, під час досліджень повинен здійснюватися контроль за допомогою фото та відео-зйомки.

### *Методика визначення коефіцієнта варіації розподілу інтервалів між насінням в рядку*

Технологічний процес, який виконують сівалки точного висіву, представляє собою в загальному випадку перетворення сукупності випадковим чином розміщених у бункері насінин в упорядковану їх послідовність та розміщення в ґрунті з заданим інтервалом.

Для оцінки якості роботи висівних апаратів використовуються методи теорії ймовірності та математичної статистики. Розподіл насіння по довжині рядка проводиться за допомогою визначення середнього інтервалу між насінням (рис. 2.26), який може змінюватись, залежно від встановленої (заданої) норми

висіву. Якість висіву зручно оцінювати коефіцієнтом варіації  $\nu$  (%) розміщення насіння по довжині рядка, який показує стандартне відхилення до середньої арифметичної даної сукупності.

Цей етап експериментальних досліджень надає можливість оцінити розподіл інтервалів насіння в рядку (на липкій стрічці).

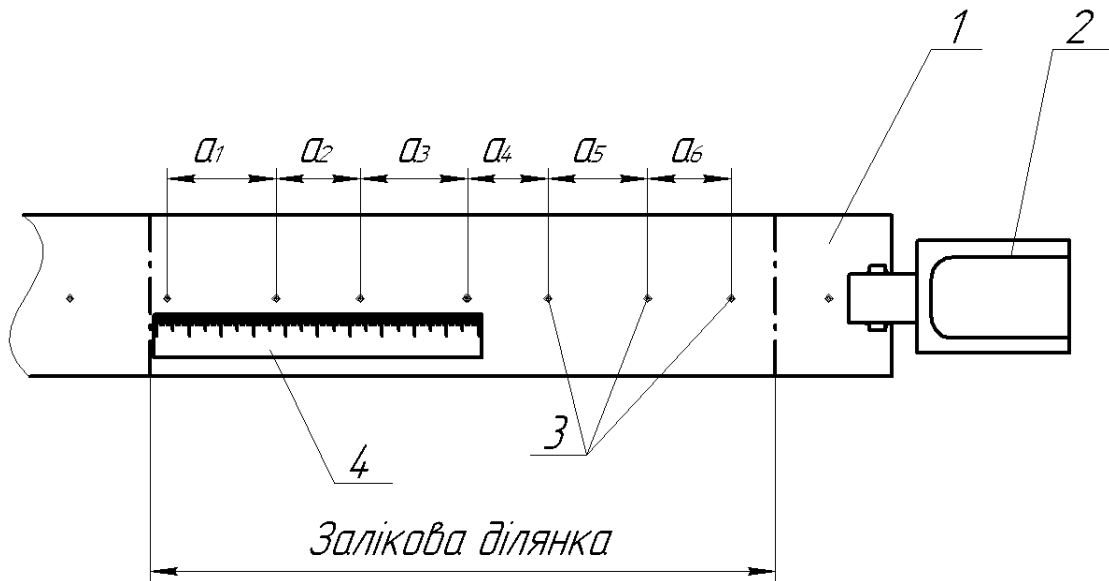


Рис. 2.26. Схема до визначення інтервалів між насінням:

1 – стенд; 2 – висівний апарат; 3 – насіння; 4 – лінійка

Коефіцієнт варіації насіння в борозні визначають як

$$\nu = \pm \frac{\sigma}{\bar{x}},$$

де  $\sigma$  – середньоквадратичне відхилення інтервалів між насіннями у рядку;

$\bar{x}$  – середнє арифметичне значення інтервалу між насіннями, мм.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n},$$

де  $a$  – інтервал між насіннями у рядку, мм;

$n$  – кількість вимірів (інтервалів на заліковій ділянці).

Середньоквадратичне відхилення інтервалів між насінинами у рядку визначають як

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (a_i - \bar{x})^2}{n}}.$$

Змінність (неточність висіву) прийнято вважати незначною, якщо коефіцієнт варіації не більше 10%, середньою, якщо знаходиться в межах 10...20%, і значною, якщо коефіцієнт варіації більше 20%. В польових умовах коефіцієнт варіації згідно з агротехнічними вимогами не повинен перевищувати 30%.

#### **2.4. Визначення характеристик решітної та повітряної сепарації зерна**

Сепарація зерна (*separate (англ.)* – розділяти, відокремлювати) – це процес розділення зерна за певними ознаками. Решітна сепарація зерна дозволяє розділити зерновий ворох на компоненти, що відрізняються геометричними розмірами.

Найбільш розповсюдженими є решета з робочими отворами прямокутної форми, які дозволяють розділяти за товщиною зерна; на решетах з круглими отворами сепарують за шириною.

Якісні характеристики решітної сепарації зерна визначаються двома показниками – повнотою розділення (ефектом очистки, якістю розділення тощо) та чіткістю сепарації, яка вказує на вміст повноцінного зерна у виділених домішках. Чим вища повнота розділення, тим менше домішок у очищеному зерні. Чим вища чіткість сепарації, тим менше повноцінного зерна потрапило у домішки.

Для визначення якісних показників решітної сепарації необхідно знати вміст домішок у вихідному матеріалі, або його фракційний склад.

*Методика визначення фракційного складу зернового вороху*

На практиці, коли проводять очищення великої маси зернового вороху, що вираховується десятками, сотнями тонн, абсолютно точне встановлення фракційного складу неможливе, тому використовують відбирання кількох проб з визначенням середніх арифметичних значень. Для цього по всьому об'єму зернового вороху набирають кілька проб масою 50 г (для більшості зернових культур) і оброблюють вручну, за допомогою комплекту сит (решіт), протягом 3-х хвилин. При цьому амплітуда коливань повинна становити 10 см, частота 110-120 коливань за хвилину, а напрямок – вздовж отворів.

Можна скористатися механізованим лабораторним розсівом (рис. 2.27) згідно інструкції з його експлуатації.



Рис. 2.27. Загальний вигляд лабораторного розсіву

Залишки зерна на ситах зважують і визначають відносний вміст  $\varphi_i$  компонентів у вихідному матеріалі:

$$\varphi_i = \frac{m_i}{m_3} \cdot 100\%,$$

де  $m_i$  – маса залишку на відповідному ситі, г;

$m_3$  – сумарна маса залишків на всіх ситах, г (загальна маса взятої проби).

Обчислення округлюють до першого десяткового знаку. Так проводять кілька дослідів, після чого обчислюють середні значення. Зі збільшенням кількості проб точність оцінки зростає.

Для визначення необхідної кількості дослідів можна скористатися таблицею 1.2.

#### *Визначення якості очищення зернового вороху*

Визначення повноти розділення (якості очищення) зернового вороху на решітних сепараторах відбувається за методикою, аналогічною до описаної вище. При цьому, знаючи розмір робочих отворів решета, встановленого на зерноочисній машині, встановлюють на розсів (рис. 2.27) сито з такими ж розмірами. З очищеного машиною зерна відбирають пробу масою 50 г (для зернових культур) і оброблюють на розсіві, згідно з інструкцією до експлуатації приладу. Визначення повноти розділення здійснюється за формулою

$$\varepsilon = \frac{m_{np}}{m_3} \cdot 100\%,$$

де  $m_{np}$  – маса, що просіялася крізь сито розсіву, г;

$m_3$  – загальна маса відібраної проби, г.

Дослід проводять у повторності, яка відповідає бажаній дослідником точності, після чого визначають середнє значення повноти розділення.

Слід зазначити, що повного розділення ( $\varepsilon = 100\%$ ) досягти практично не можливо внаслідок складності процесу, неоднорідності властивостей зернового вороху тощо, тому для попереднього очищення прийнятною є повнота розділення  $\varepsilon = 60\%$ , для первинного –  $\varepsilon = 70\%$ , для вторинного –  $\varepsilon = 80\%$ .

#### *Методика визначення чіткості сепарації*

Оскільки чіткість сепарації вказує на вміст повноцінного зерна у домішках, зокрема, крупних, то визначають її шляхом обробки на лабораторному розсіві виділених домішок. Для цього встановлюють на лабораторний розсів сито, розміри робочих отворів якого відповідають розміру отворів колосового решета зерноочисної машини. Відбирають пробу з крупних домішок масою 50 г (для зернових культур) і проводять обробку, згідно з інструкцією до експлуатації приладу. Визначення чіткості сепарації здійснюється за формулою

$$z = \frac{m_{np}}{m_z} \cdot 100\%,$$

де  $m_{np}$  – маса, що просіялася крізь сито розсіву (повноцінне зерно), г;  
 $m_z$  – загальна маса відібраної проби, г.

Дослід проводять у повторності, яка відповідає бажаній дослідником точності, після чого визначають середнє значення чіткості сепарації.

Варто зазначити, що чіткість сепарації тим вища, чим менше її розраховане значення. Прийнятною вважається чіткість в межах  $z = 2\%$ .

#### *Методика визначення показників енергоємності роботи сепаратора*

Основним показником енергоємності роботи будь-якого решітного сепаратора є потужність, необхідна для

його приводу. Вона складається з двох категорій – потужності холостого ходу (без подачі зерна) і робочої потужності (потужність, що витрачається на здійснення сепарації зернового вороху).

Переважна більшість решітних сепараторів має електричний привід, тож задача зводиться до визначення електричної потужності за допомогою приладу ватметра СР 3010 (рис. 2.28.), К-50 або іншого, в залежності від потреб дослідника.



Рис. 2.28. Загальний вигляд ватметра СР 3010

Спочатку, згідно інструкції з експлуатації, вмикають вимірювальний прилад у електричну схему досліджуваного сепаратора, після чого вмикають і, дочекавшись стабілізації режиму, визначають візуально, або за допомогою відеофіксації потужність холостого ходу  $N_{xx}$ .

Наступним кроком є визначення загальної потужності на привід сепаратора. Для цього його вмикають, встановлюють задану подачу зернового вороху і, дочекавшись стабілізації режиму, визначають візуально або за допомогою відеофіксації загальну потужність  $N_{заг}$ .

Досліди проводять у повторності, яка відповідає бажаній дослідником точності, після чого визначають середні значення потужностей  $\bar{N}_{xx}$  і  $\bar{N}_{заг}$ .

Потужність, необхідну для переміщення зерна по решету (робочу потужність) визначають як

$$N_{роб} = \bar{N}_{заг} - \bar{N}_{хх}.$$

Відомо, що енергетичні показники роботи решітних сепараторів залежать від подачі, режиму роботи, конструктивних параметрів решіт тощо, тож під час визначення потужності, необхідної для їх приводу, досліднику відкритий широкий простір для діяльності і отримання нових цікавих результатів.

### *Визначення якісних характеристик повітряної сепарації зерна*

Повітряна сепарація зерна дозволяє виділити із зернового вороху легкі компоненти, які складно виділити, застосовуючи інші види очищення. Цей складний процес використовує комплекс відмінних властивостей елементів зернової суміші, які прийнято називати аеродинамічними.

Якість процесу пневмосепарації, як і решітної, характеризується двома показниками: повнотою розділення  $\varepsilon$  та чіткістю сепарації  $z$ , що враховує втрати повноцінного зерна у відходи. Однак, для їх визначення обов'язково необхідно знати аеродинамічні властивості вихідного зернового матеріалу – зернової суміші або вороху.

Аеродинамічні властивості зернової суміші та засміченість зерна визначаються на парусних класифікаторах (рис. 2.29). Класифікатор змонтовано на рамі 1 і включає всмоктувальний (робочий) трубопровід 2 із прозорою частиною 3, в нижній частині якої закріплюється стакан з сітчастим дном для навіски досліджуваного матеріалу 4. Трубопровід 2 входить в циклон 5, де відбувається осадження обробленого матеріалу, який виділяється до пробовідбірника 6. Повітряний потік в трубопроводі 2 створюється



відцентровим вентилятором 9, витрати якого контролюються ротаметром (витратоміром) 8, який ввімкнений у систему через допоміжні трубопроводи 7. Вентилятор 9 приводиться в обертання електродвигуном 10 через клинопасовий варіатор.

Швидкість повітряного потоку в робочому трубопроводі 2 регулюється дросельною заслінкою на вентиляторі 9, та зміною його частоти обертання. Швидкість повітряного потоку розраховується через витрату повітря, що контролюється ротаметром 8.

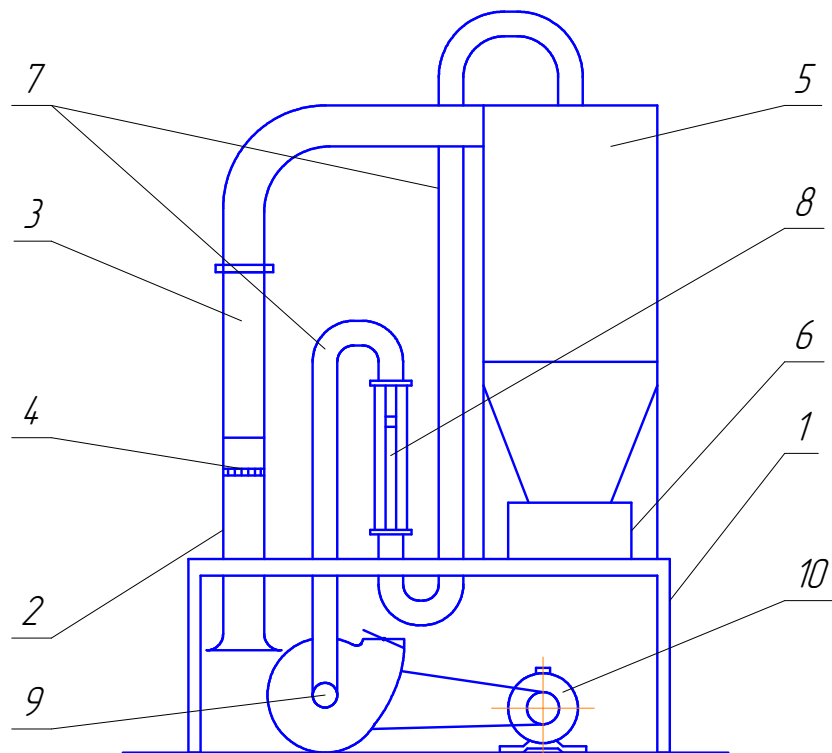


Рис. 2.29. Парусний класифікатор:

1 – рама; 2 – робочий трубопровід; 3 – вікно; 4 – стакан; 5 – циклон; 6 – пробовідбірник; 7 – допоміжний трубопровід; 8 – ротаметр; 9 – вентилятор; 10 – електродвигун

Методика визначення аеродинамічних властивостей зернової суміші наступна. Із зернової суміші основної культури та домішок методом середньої проби (ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості) відбирають навіски кожного компоненту вагою 100 г.

Для визначення граничних значень швидкостей повітряного потоку при обробці кожна навіска зерна поміщується в стакан з сітчастим дном 4, при цьому дросельна заслінка вентилятора 9 закривається повністю і вмикається привід вентилятора. Плавню відкриваючи дросельну заслінку вентилятора, збільшують швидкість повітряного потоку до початку витання легких фракцій.

За шкалою витратоміра визначають витрату повітря і розраховують швидкість повітряного потоку:

$$U = \frac{W}{F},$$

де  $W$  – витрати повітря, м<sup>3</sup>/с;

$F$  – площа перерізу, м<sup>2</sup>.

Послідовне підвищення швидкості повітряного потоку дозволяє виділити в стакан циклона всі частинки, що дає повний варіаційний ряд.

Використовуючи значення  $U_{\min}$  і  $U_{\max}$ , вибирають класовий інтервал  $\lambda$ ,

$$\lambda = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{n},$$

де  $n$  – число класів ( $n = 5 \dots 11$ ).

По масам фракцій, виділених при кожному значенні вказаної швидкості у вихідній навісці, будується варіаційна крива, для чого по осі абсцис відкладають границі класів по швидкості витання, а по осі ординат – кількість (в відсотках) виділеного матеріалу (рис. 2.30). Виділення зерна кожного класу проводиться протягом 3...5 хв.

Визначення та контроль швидкості повітряного потоку можна здійснювати різними способами, наприклад, за допомогою мікроманометра ММН-1 (рис. 2.31).

Для цього трубку Піто-Прандля (2.32) вводять в повітряний канал назустріч повітряному потоку, визначаючи таким чином тиск.

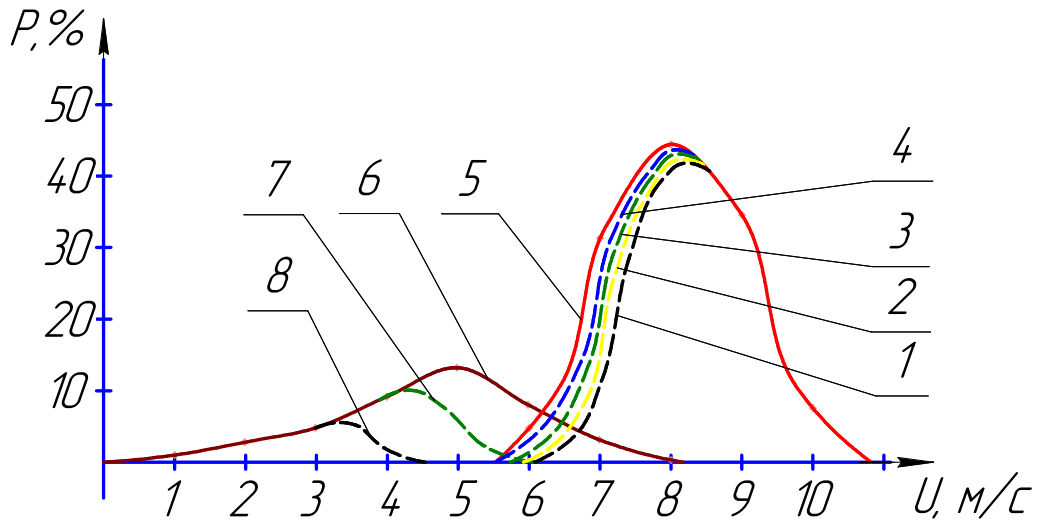


Рис. 2.30. Аеродинамічна характеристика зернової суміші

1 – зерно I-го класу; 2 – зерно II-го класу; 3 – зерно III-го класу; 4 – продовольче зерно; 5 – фуражне зерно; 6 – легкі домішки I категорії; 7 – легкі домішки II категорії; 8 – легкі домішки третьої категорії

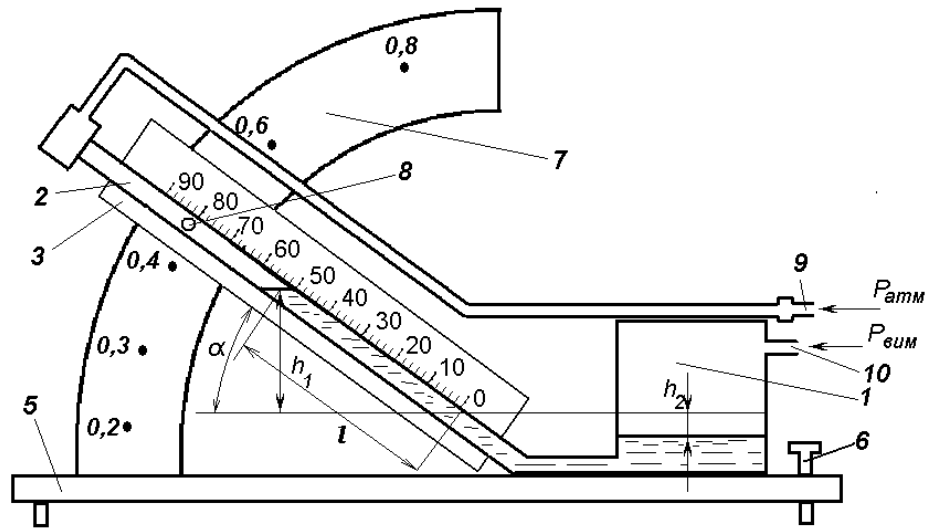


Рис. 2.31. Схема мікроманометра рідинного з нахиленою трубкою типу ММН:

1 – резервуар; 2 – скляна трубка; 3 – кожух; 4 – рівень; 5 – станина; 6 – гвинт рівня; 7 – стійка; 8 – стопорний пристрій; 9 – штуцер, з'єднаний з верхнім кінцем трубки; 10 – штуцер резервуара



Рис. 2.32. Пневмометрична трубка Піто-Прандля

Значення швидкісного напору після замірів отримують згідно наступних розрахунків:

$$P_d = i \cdot \gamma_c \cdot K_m \cdot K_m \cdot (h_1 - h_2),$$

де  $P_d$  – динамічний тиск в каналі, мм. вод. ст.;

$i$  – нахил тарованої осі трубки мікроманометра;

$\gamma_c$  – питома вага спирту, кг/м<sup>3</sup>;

$K_m$  – коефіцієнт мікроманометра;

$K_m$  – коефіцієнт пневмометричної трубки Піто-Прандля;

$h_1$  – покази мікроманометра, мм спиртового ст.;

$h_2$  – «нульове» показання мікроманометра, мм спирт. ст.

Таким чином, швидкість повітряного потоку буде становити:

$$U = 4,04 \cdot \sqrt{P_d},$$

де  $U$  – швидкість повітряного потоку, м/с;

$P_d$  – динамічний тиск, мм. вод. ст.

Повноту розділення зерна за аеродинамічними властивостями визначають як

$$\varepsilon = \frac{m_l}{m_3} \cdot 100\%,$$

де  $m_l$  – маса легкої фракції, яка виділена повітряним потоком досліджуваної зерноочисної машини, г;

$m_3$  – загальна маса легких домішок, яка містилася у зерновому воросі, г.

Чіткість сепарації може бути розрахованою за формулою

$$z = \frac{m_{nl}}{m_3} \cdot 100\%,$$

де  $m_{nl}$  – маса повноцінного зерна, що виділилася у легкі домішки, г;

$m_3$  – загальна маса відібраної проби, г.

## Розділ 3

# ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

Лабораторно-практичні роботи з курсу «Основи наукових досліджень» повинні прищепляти навички творчого підходу до вивчення процесів аграрного виробництва, вибору способів вирішення тих чи інших задач, пов'язаних зі створенням нових чи удосконаленням існуючих конструкцій сільськогосподарських машин.

### Заняття №1

## **МОЗКОВИЙ ШТУРМ**

*Аудиторний час виконання – 2 академічні години*

**Мета роботи:** навчитися знаходити колективне вирішення поставлених задач шляхом проведення мозкового штурму.

### *Короткі теоретичні відомості*

Основна ідея мозкового штурму – відокремити генерацію ідеї від її критики, а точніше відокремити мрійника від критика. Нам часто доводиться стикатися з завданнями, які вимагають значного часу і сил їх рішення, вчитувати масу літератури, питати поради у друзів і все безуспішно, рішення так і не знайдено. Метод мозкового штурму – це спроба знайти колективне рішення проблеми за допомогою стимулювання творчої активності. Він підходить для вирішення будь-яких завдань у науці, техніці, суспільстві тощо і полягає у генеруванні якомога більшої кількості варіантів вирішення задачі (у тому числі найнеймовірніших) і відборі найбільш підходящих рішень.

Основна характерна риса мозкового штурму – послаблення контролю над своїми думками, дозволивши їм литися суцільним некерованим потоком у напрямку вирішення якої-небудь проблеми. Такий підхід дозволяє

вийти за рамки стандартних рішень, які не призводять до бажаного результату.

Мозковий штурм включає в себе три етапи:

- чітке формулювання завдання;
- генерація ідей;
- аналіз та оцінка ідей.

### *Практична частина*

Загальна кількість часу на проведення процедури складає 60-70 хвилин і проходить шість фаз.

Перша фаза (5 хвилин)

Викладач повідомляє правила. Група поділяється на дві підгрупи – «Генератори ідей» і «Експерти», серед яких обирають секретарів. Важливо, щоб підгрупи склалися з психологічно сумісних людей.

Друга фаза (5 хвилин)

Формулювання вихідної задачі. Повідомлення загальної задачі та необхідних особистих пояснень, відповіді на уточнюючі запитання.

Третя фаза (30 хвилин)

Приймають участь «Генератори ідей».

Генерування ідей за правилами прямої колективної «мозкової атаки». Особлива увага приділяється створенню невимушеної творчої обстановки. Учасники висловлюють усі ідеї, що спали їм на думку щодо рішення проблеми, якими б абсурдними вони не здавались. Обов'язковою умовою на даному етапі є виключення критичних суджень. Учасники не повинні переривати чи оцінювати один одного. Ідея, висловлена одним учасником, може навести іншого на важливу думку. Атмосфера доброзичливості та зацікавленого пошуку – найбільш оптимальна для всієї наради, але для цього етапу вона особливо важлива.

Підсумковим результатом цієї фази є складання секретарем повного списку запропонованих ідей.

Четверта фаза (10 хвилин)

Приймають участь «Експерти».

Систематизація та класифікація ідей за темами, підходами до рішення задачі, типами рішень. Вивчаються ознаки, за якими можна визначити комплексні ідеї. Проводиться ранжування пропозицій відповідно до значущості висловлених пропозицій.

П'ята фаза (15 хвилин)

Оцінка ідей на реалістичність. У підсумку складається остаточний список практично реалізованих ідей. Даний етап передбачає проведення групової дискусії.

Шоста фаза, заключна

Дана фаза відсунута в часі. Вона передбачає самостійну роботу студентів або роботу малими робочими групами (по 2-3 особи) з визначення остаточних варіантів списків для виявлення абсолютно придатних ідей для практичного втілення. Як правило, таких ідей буває близько 10 % від загальної кількості запропонованих.

У підсумку, кожен студент (або група) повинні відібрати одне найбільш перспективне (на їхню думку) рішення поставленої задачі і детально описати його практичну реалізацію.

### *Зміст звіту*

1. Записати поставлену викладачем задачу.
2. Скласти повний список запропонованих ідей щодо вирішення поставленої задачі. Відзначити, які ідеї визнано такими, що можуть бути реалізованими на практиці.
3. Відібрати одне найбільш перспективне рішення поставленої задачі і детально описати його практичну реалізацію. За необхідності зробити пояснювальні рисунки.



## Заняття №2

**СКЛАДАННЯ ЗАЯВКИ НА ВИНАХІД**

*Аудиторний час виконання: 2 академічні години*

**Мета роботи:** вивчити методику складання і оформлення заявки на видачу патенту на винахід.

*Короткі теоретичні відомості*

Ознайомитися з відомостями щодо складання заявки на винахід можна у підрозділі **Винаходи** даного посібника (с. 18-26).

*Практична частина*

Підсумком аудиторної роботи є оформлений звіт.

Повним підсумком роботи є оформлення заявки на винахід. Для виконання практичної частини студенти об'єднуються у групи по 2-3 особи. Об'єкт удосконалення з області сільськогосподарських машин студенти обирають самостійно або за пропозицією викладача. Для оформлення заявки можна використати кращі ідеї, згенеровані під час попереднього заняття «Мозковий штурм».

Складові частини заявки на винахід повинні бути оформленими на аркушах білого паперу формату А4 і повинні містити: опис винаходу, формулу винаходу, ілюстративні матеріали та реферат. Текст набирається на ПЕОМ у текстовому редакторі Microsoft Word шрифтом Times New Roman 14 у 1,5 інтервали. Ілюстрації – у будь-якому графічному редакторі.

Приклад оформлення заявки на винахід наведено у додатку Б.

Оформлення заявки на винахід здійснюється в межах годин самостійної роботи студентів, передбаченої навчальним планом підготовки бакалаврів.

*Зміст звіту*

1. До робочого зошиту занотувати основні теоретичні відомості підрозділу **Винаходи**.

## Заняття №3

**СКЛАДАННЯ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ  
ОДНОФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ**

*Аудиторний час виконання: 2–4 академічні години*

**Мета роботи:** на прикладі решітної сепарації навчитись складати методику проведення однофакторного (класичного) експерименту.

*Короткі теоретичні відомості*

Методикою називають сукупність способів і прийомів дослідження. Методика визначає як і якими способами проводити досліди, тобто торкається питань обладнання, плану роботи, кількості дослідів, витрат часу і засобів.

Правильно складена методика зменшує час на дослідження, дозволяє отримувати реальні експериментальні дані, уникати значних похибок. Для складання методики любого експерименту необхідно:

- *чітко визначити, які параметри і в якому діапазоні планується досліджувати;*
- *обґрунтувати застосування тих чи інших засобів вимірювань;*
- *детально описати лабораторні установки, пристрої, пристосування, що будуть використовуватися під час проведення дослідів.*
- *скласти план роботи (послідовність дій) при проведенні експерименту.*

Розглянемо процес решітного очищення зерна.

Зерновий ворох є багатокомпонентною сумішшю і, окрім зерна, вміщує велику кількість сторонніх домішок. Задачею очищення зернового вороху є виділення з останнього біологічно цінного зерна.

На практиці біологічну цінність зерна визначають ознаками, які найбільше корелюють з індивідуальною вагою насінин. Такими ознаками являються розміри зерна.

Лабораторний      плоскорешітний      коливальний

сепаратор складається з основної рами 1, остова машини 2, грохота 3, завантажувальної ємності 4 з механізмом регулювання подачі насіння, механізму привода 11, струшувача 5 і ємності 6 для збирання фракцій очищеного і відсортованого матеріалу.

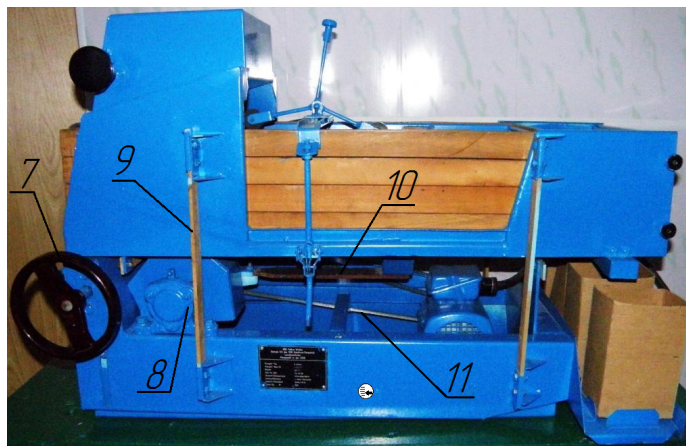
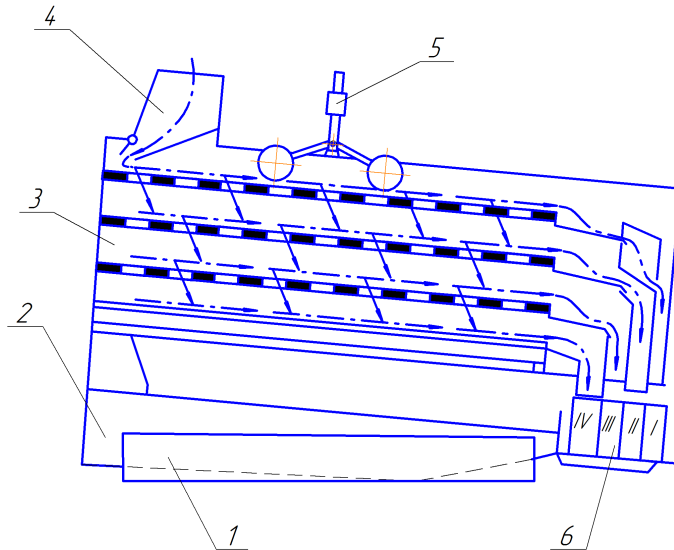


Рис. 3.1 Функціональна схема та загальний вигляд лабораторного плоскорешітного сепаратора зерна

Остов з'єднується з рамою шарнірно в трьох точках. Зміна кута нахилу грохота здійснюється маховиком 7 через конічну передачу. Величина кута нахилу решіт визначається на шкалі. Грохот підвішений на чотирьох дерев'яних гнучких стійках 9 і приводиться в коливальний рух за допомогою ексцентрикового механізму 8 та шатунів 10. Амплітуда коливань становить 14 мм, частота – 405 об/хв.

Процес роботи лабораторного решітного сепаратора з встановленим одним решето наступний. В завантажувальну ємність засипається проба зернового матеріалу. При відкритті заслінки зернова суміш потрапляє на верхнє решето, де розділяється на дві фракції – крупну (схід) і дрібну (прохід). Окремі фракції направляються до своїх лотків. Очищення робочих отворів решіт від забивання зерновими частинками здійснюється ударним струшувачем 5.

Якість решітного очищення зерна оцінюється повнотою розділення, яка є відношенням маси зерна, що просіялась, до загальної маси зерна, що могла просіятись (загального вмісту підсіву)

$$\varepsilon = \frac{m_n}{m_3}, \quad (3.1)$$

де  $m_n$  – маса зерна (підсіву), що просіялась крізь решето, г;  
 $m_3$  – маса зерна (підсіву), що могла просіятись крізь решето, г.

Маса зерна, що могла просіятись крізь решето (вміст підсіву у оброблюваному воросі), визначається шляхом обробки середніх проб на лабораторному класифікаторі (рис. 3.2) наступним чином.

На решето класифікатора засипають 50...100 г зернової суміші і за допомогою коливальних рухів просіюють 3...5 хв., після чого зважують і отримані дані зводять до таблиці, яка може мати вигляд таблиці 3.1.

В нашому випадку, коли сепаратор буде здійснювати розділення лише на дві фракції, встановлюється одне решето. Кількість решіт класифікатора також одне. При цьому форма і розмір отворів решета класифікатора мають бути такими, як і на сепараторі.

Відносний вміст підсіву визначається за формулою 3.1, куди замість  $m_3$  підставляють масу проби (100...150 г).



Рис. 3.2 Загальний вигляд лабораторного ручного класифікатора

Таблиця 3.1.

#### Результати визначення вмісту підсіву

№	Маса проби, г	Маса залишку на дні класифікатора, г	Відносний вміст підсіву за пробами	Середнє
---	---------------	--------------------------------------	------------------------------------	---------

Для проведення основних дослідів потрібно скласти таблицю, яка, наприклад, може мати наступний вигляд (при постійній подачі).

Таблиця 3.2.

#### Орієнтовна таблиця проведення дослідів

№	Загальна маса підсіву $m_z$ , г	Маса підсіву, що просіялась $m_{II}$ , г за повторностями			Середнє $m_{II}$ , г	Повнота розділення, $\varepsilon$
		I	II	III		

За необхідності проведення дослідів для кількох значень подач, потрібно скласти таблиці для кожної з них або розробити єдину таблицю.

#### Зміст звіту

1. Скласти методику визначення повноти розділення вороху однієї з зернових культур в залежності від кута нахилу решета, або подачі (за завданням викладача).
2. Підготувати таблиці для проведення дослідів.

## Заняття №4

## ОТРИМАННЯ ДОСЛІДНИХ ДАНИХ ШЛЯХОМ ПРОВЕДЕННЯ ОДНОФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

*Аудиторний час виконання: 2–4 академічні години*

**Мета роботи:** набути навички проведення експериментальних досліджень.

### *Хід роботи*

Згідно складеної у практичній роботі №3 методики визначити вміст підсіву у вихідному матеріалі.

Провести досліді по визначенню повноти розділення вихідного матеріалу.

Побудувати графік залежності повноти розділення зернового вороху від кута нахилу решета для кількох значень подач, з'єднавши дослідні точки ламаними лініями.

Орієнтовний графік наведено на рис. 4.1.

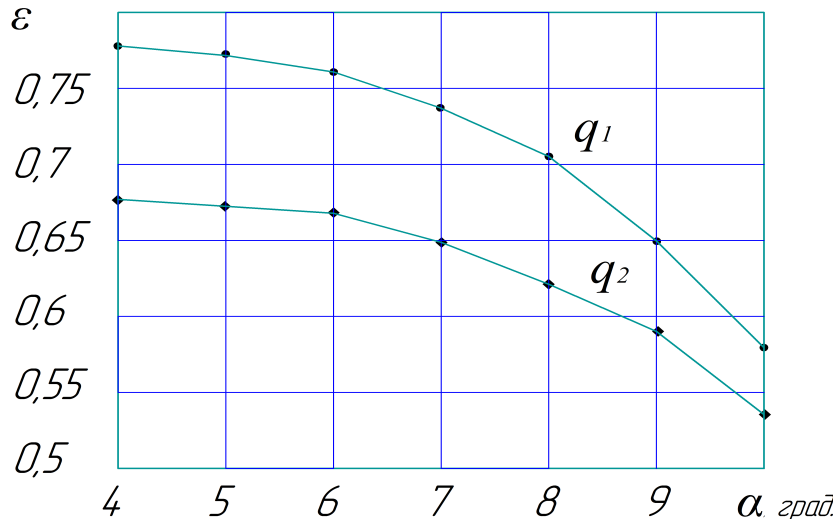


Рис. 4.1. Залежності повноти розділення зернового вороху пшениці від кута нахилу решета для подач  $q_1$  і  $q_2$

Після побудови графіка проаналізувати отримані залежності – висловити власні думки щодо характеру кривих. Дати короткі пояснення.

На основі проведеного аналізу сформулювати висновки.

### *Зміст звіту*

1. Заповнити таблиці 3.1 і 3.2.
2. Побудувати графіки залежності повноти розділення зернового вороху від кута нахилу решета для кількох значень подач.
3. Провести аналіз залежностей.
4. Сформулювати висновки

### *Заняття №5*

## **МІНІМАЛЬНА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТІВ**

*Аудиторний час виконання: 2 академічні години*

**Мета роботи:** набути навички початкової обробки дослідних даних.

### *Короткі теоретичні відомості*

Точність – це ступінь відповідності результату виміру дійсному значенню величини. Поняття точності пов'язано з поняттям похибки. Чим вище точність, тим менша похибка.

В залежності від того, чи відомі причини різних похибок чи ні, чи можна їх визначити і оцінити їх розміри та напрямки, всі помилки розділяють на два класи: систематичні та випадкові.

Систематичними називають такі похибки, котрі виникають з-за відомих причин, діють по певних законах і, як правило, в певному напрямку, тобто їх можна вивчити та встановити кількісно.

Випадкові похибки – це похибки, що виникають непередбачувано, інколи за недбалості самого дослідника. Для їх уникнення необхідно ретельно встановлювати вимірювальну апаратуру, перевіряти, чи не зміщено показчик з нульової точки тощо.

Якщо вимірювати деяку, практично постійну величину по одному разу, то випадкові похибки можуть суттєво вплинути на результат. Тому вимірювати її потрібно кілька раз у тотожних умовах і брати середнє арифметичне цих вимірів.

Величина розсіву отриманих результатів вказує на більшу або меншу їх змінність і оцінюється дисперсією або стандартом.

Дисперсією випадкової величини розраховують як

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2}{n-1} = \frac{(a_1 - \bar{a})^2 + (a_2 - \bar{a})^2 + \dots + (a_n - \bar{a})^2}{n-1},$$

де  $a_i$  – значення вимірної величини у  $i$ -му досліді (повторності),

$\bar{a}$  – середнє арифметичне значення вимірної величини,

$n$  – кількість вимірів (повторностей).

Стандарт визначається як корінь квадратний з дисперсії:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2}{n-1}}.$$

Дисперсія і стандарт – це міри розсіву або змінності. Чим більше дисперсія і стандарт, тим більше розсіяні значення вимірів.

Для більшості технічних вимірянь вважається, що найбільшою похибкою середньої арифметичної кратних вимірів є абсолютна величина, рівна трьом стандартам:

$$\Delta n(\bar{a}) = \pm 3\sigma.$$

Відносна похибка розраховується як:

$$\frac{\Delta n(\bar{a})}{\bar{a}} \cdot 100\% = \pm \frac{3\sigma}{\bar{a}} \cdot 100\%.$$



Дану похибку називають найбільш можливою статичною.

### *Хід роботи*

За результатами, отриманими у практичній роботі №4 розрахувати відносні похибки по кожному досліді.

Заповнити таблицю 5.1.

Таблиця 5.1.

### Результати розрахунків похибок

№ досліді	Маса підсіву, $m_n$ , Г			Середнє $m_n$ , Г	Дисперсія, $\sigma^2$	Стандарт, $\sigma$	Абсолютна похибка, Г	Відносна похибка
	I	II	III					

На залежностях (рис. 4.1) графічно показати розраховані можливі похибки.

### *Зміст звіту*

1. Навести розрахунки дисперсій, стандартів та похибок.
2. Заповнити таблицю 5.1.
3. Зробити висновок.

### Заняття №6

## **ТАРУВАННЯ ПРУЖИНИ ДИНАМОМЕТРА І ВИЗНАЧЕННЯ СТАТИЧНОЇ ПОХИБКИ**

*Аудиторний час виконання: 2 академічні години*

**Мета роботи:** вивчити методику і провести тарування пружини динамометра, визначити похибку проведених вимірювань.

### *Короткі теоретичні відомості.*

Пружні властивості пружин використовують у великій кількості пристроїв, в тому числі, в пристроях, що використовуються під час досліджень у аграрній сфері:

- для визначення твердості ґрунту та інших сільськогосподарських матеріалів;
- для визначення статичної сили руйнування зерна та інших сільськогосподарських матеріалів;
- для визначення сили відриву колоска від стебла зернових культур та сили розриву елементів стебел;
- для визначення тягового опору робочих органів сільськогосподарських машин або самих машин в цілому тощо.

Під час роботи таких вимірювальних пристроїв дослідник вимірює величину деформації пружини, яка відповідає певній силі стиску. Теоретично, сила стиску пружини пропорційна до величини деформації, однак така закономірність може спостерігатися не у всьому діапазоні стискання. Крім того властивості матеріалу, з якого виготовлено конкретну пружину можуть бути не однорідними, що вплине на покази приладу.

Однією з основних характеристик пружини є коефіцієнт жорсткості, або коефіцієнт пропорційності величини деформації до прикладеного навантаження. Для визначення коефіцієнту пропорційності необхідно провести тарування пружини шляхом її навантажування і розвантажування у певному порядку.

Тарування виконують наступним чином. Пружину підвішують на стенд (рис. 6.1) і перевіряють за допомогою гир вагою 2 Н.

Спочатку встановлюють одну гирю, від чого довжина пружини зміниться на величину  $h_1$ . Значення величини  $h_1$  відмічають на міліметровому папері. Потім додають ще одну гирю, від чого довжина пружини зміниться на величину  $h_2$ . Роблять замір і все повторюють, поки загальна вага гир стане рівною максимально встановленій дослідником величині, наприклад, 10 Н. При чому довжина пружини зміниться на величину  $h_n$ .

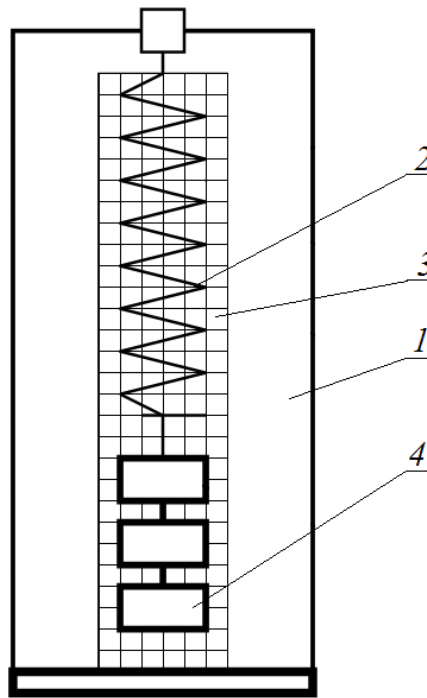


Рис. 6.1. Схема стенду для тарування пружини розтягу:  
1 – корпус; 2 – пружина; 3 – міліметровий папір; 4 – гирі

Після цього проводять розвантаження, при якому спочатку знімають гирю, встановлену останньою та відмічають величину  $h_n$  і т.д. Тарування проводять у трикратній повторності. Результати та розрахунки заносять до таблиці 6.1. Покази приладу при навантаженні та розвантаженні напевно матимуть розходження за кількох причин – не абсолютно пружних властивостей пружини, похибок мас гир, вимірювання величин тощо.

За даними табл. 6.1 будують тарувальну криву пружини (рис. 6.2). У нашому випадку середня залежність переміщень від зусилля є пряма лінія, тому шукану силу визначаємо як добуток величини розтягу – стиснення пружини на коефіцієнт жорсткості пружини, що дорівнює тангенсу кута нахилу прямої до осі переміщень

$$k_n = \frac{P_i}{h_i},$$

де  $P_i$  та  $\bar{h}_i$  – навантаження та середні значення переміщень пружини, відповідні один одному.

Таблиця 6.1

Результати вимірювань та розрахунків при таруванні динамометра

Номер етапу	Навантаження $P_i, Н$	Деформація пружини, мм							Середнє при навантаженні та розвантаженні $\bar{h}_i$	Максимальна різниця у відхиленнях $\Delta h_{i,max}$ , мм	Похибка статична за ступеннями $\delta_{ст}$ , %
		при навантаженні				при розвантаженні					
		$h_{i1}$	$h_{i2}$	$h_{i3}$	Середнє, $\bar{h}_i$	$h_{i1}'$	$h_{i2}'$	$h_{i3}'$			
1											
2											
3											
4											
5											

Користуючись таблицею 6.1 і тарувальним графіком рис. 6.2, можна визначити статичну похибку. Абсолютна величина статичної похибки  $\Delta P_i$  для  $i$ -го ступеня тарувального графіка дорівнює

$$\Delta P_i = \frac{(P_i' - P_i)}{2},$$

де  $P_i'$ ,  $P_i$  – вимірювальний параметр на  $i$ -му ступені відповідно при розвантаженні та навантаженні.

Відносна статична похибка для  $i$ -го ступеня, %:

$$\delta_i = \mp \frac{\bar{h}_i' - \bar{h}_i}{\bar{h}_i' + \bar{h}_i} \cdot 100 \%,$$

де  $\bar{h}_i'$  і  $\bar{h}_i$  – відхилення переміщення пружини відповідно при розвантаженні та навантаженні.

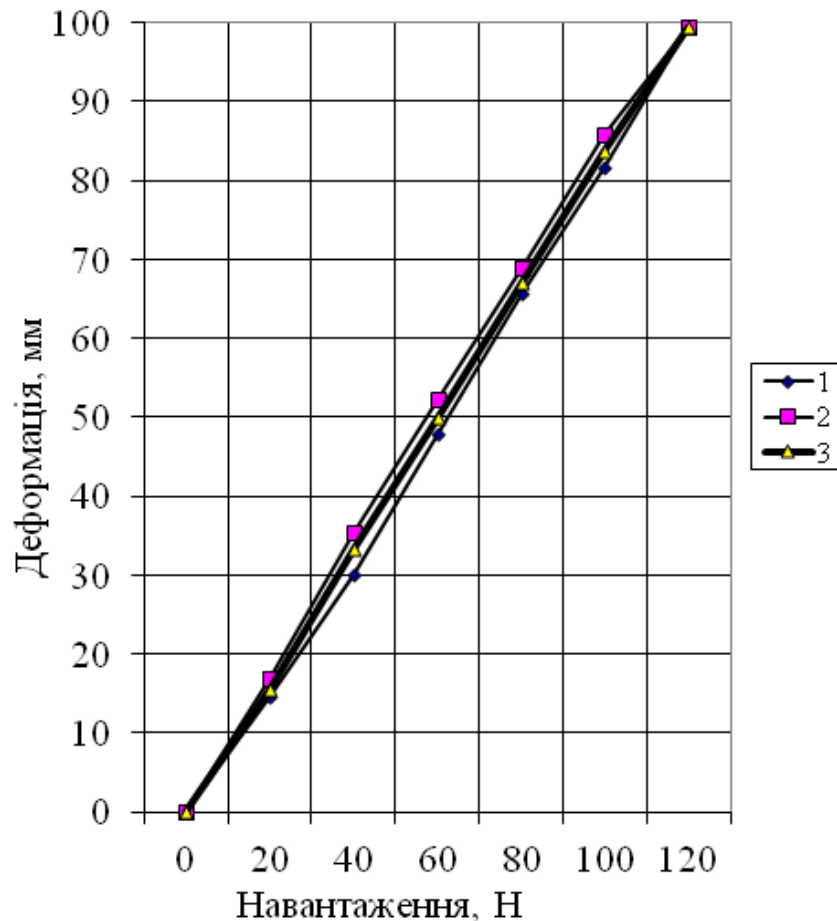


Рис. 6.2 Тарувальна крива пружини:

- 1 – крива навантаження; 2 – крива розвантаження;  
3 – середня залежність деформації від зусилля

Відносна похибка визначається за формулою

$$\delta = \frac{k_n \cdot \Delta h_{i\max}}{P_{\max}} \cdot 100 \%,$$

де  $\Delta h_{i\max}$  – найбільше відхилення від середнього значення на кожному ступені;

$P_{\max}$  – граничне значення вимірюваного параметру.

Відносна похибка не повинна перевищувати допустиму граничну  $\delta = 5\%$ .

#### *Зміст звіту*

1. Провести тарування наданої викладачем пружини і заповнити таблицю 6.1.
2. Зробити висновок.

## Заняття №7

**ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ  
ГРУНТУ**

*Аудиторний час виконання: 2...4 академічні години*

**Мета роботи:** вивчення методів визначення твердості ґрунту та закріплення навичок первинної обробки результатів експерименту.

*Обладнання, прилади та інструменти*

1. Твердомір з набором наконечників (конусні наконечники з діаметром основи  $d = 11,3$  мм (площа основи  $S = 1\text{см}^2$ ) і кутом при вершині  $\alpha = 22^\circ 30'$ , та наконечники з діаметром  $d = 16$  мм ( $S = 2\text{см}^2$ ),  $\alpha = 30^\circ$ ;
2. Досліджуваний ґрунт;
3. Міліметровий папір;
4. Лінійка.

*Короткі теоретичні відомості.*

В залежності від складу ґрунту та його стану він має різні властивості. Деякі властивості впливають на якість роботи ґрунтообробних машин та на їх енергоємність. Саме такі властивості відносяться до технологічних.

Твердість ґрунту  $p$  та коефіцієнт об'ємного зминання  $q$  є найбільш важливими технологічними показниками при його обробці. Твердість ґрунту це його здатність чинити опір змину ( $\text{Н/см}^2$ ) при проникненні в нього твердого тіла (деформатора). Коефіцієнт об'ємного змину показує на скільки одиниць сили зростає опір ґрунту при зминанні (витисканні) кожної наступної одиниці його об'єму ( $\text{Н/см}^3$ ) під час занурення деформатора.

Твердість і коефіцієнт об'ємного змину ґрунту перебувають у кореляційній залежності з опором ґрунту при його обробці ґрунтообробними машинами і можуть бути визначені кількома способами. При цьому використовують прилади як ударної дії, так і з статичним навантаженням та з примусовим переміщенням

деформатора. Найбільш широко застосовуються твердоміри (рис. 7.1) з примусовим переміщенням деформатора.

Твердомір складається з нерухомої рамки 1 з великою опорною поверхнею, та пристосуванням для кріплення паперу 9, штока 2 з наконечником 3. Шток з'єднаний з рукояткою 4 через пружину 5, кінець якої передавальним механізмом 8 з'єднаний з самописцем 6. Самописець фіксує деформацію пружини горизонтальним відрізком  $Y$  і заглиблення наконечника вертикальним відрізком  $h$  діаграми 7.

При плавному натисканні на рукоятку і заглибленні наконечника в ґрунті, олівець самописця рисує діаграму 7, яка відображає залежність прикладеного зусилля  $P = K \cdot Y$  від деформації ґрунту  $h$ , де  $K$  – жорсткість пружини, Н/мм.

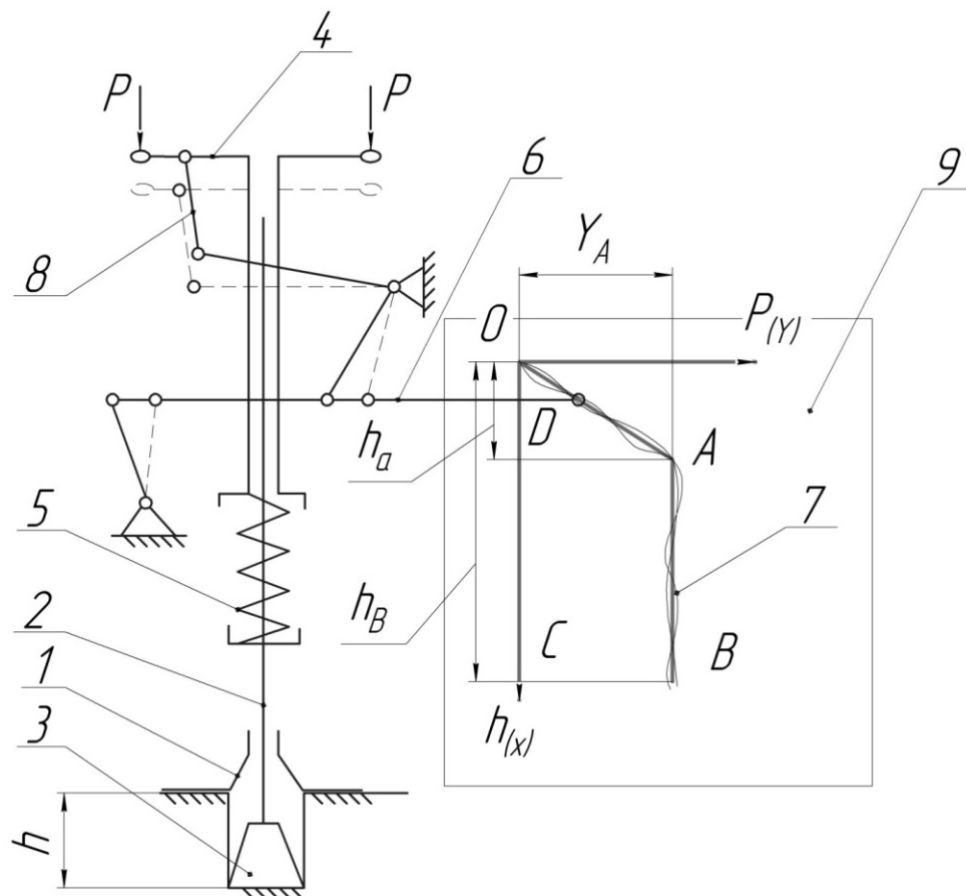


Рис. 7.1. Схема твердоміра з примусовим переміщенням деформатора

Апроксимація діаграми прямими лініями ОА і АВ відображає наближений характер процесу деформації ґрунту. У першій фазі (ділянка ОА) сила опору занурення деформатора зростає пропорційно лінійній деформації ґрунту  $h$ . У другій фазі (ділянка АВ) зростання деформації ґрунту не викликає збільшення зусилля і він деформується (тече) під дією постійного тиску на нього.

Практичне значення для розрахунку робочих органів ґрунтообробних машин має перша фаза, тому що деформації ґрунту ними не виходять за межі першої ділянки діаграми (межа прямої пропорційності).

Твердість ґрунту  $P$  при цьому визначається за формулою:

$$P = \frac{K \cdot Y}{S}, \quad (7.1)$$

де  $Y$  – середнє значення ординати діаграми, мм;

$S$  – площа основи наконечника,  $\text{см}^2$ .

Коефіцієнт об'ємного змину  $q$  визначається за формулою:

$$q = \frac{K \cdot Y}{S \cdot h}, \quad (7.2)$$

де  $h$  – величина заглиблення наконечника до межі прямої пропорційності (точка А) діаграми, см.

Роботу зминання  $A$  (Дж) розраховують як площу діаграми у масштабі жорсткості пружини.

В першій фазі деформації ґрунту витрати механічної енергії визначаються:

$$A_{OAD} = \frac{0,01 \cdot K \cdot Y_A \cdot h_A}{2}; \quad (7.3)$$

а у другій фазі:

$$A_{OAD} = 0,01 \cdot K \cdot Y_A \cdot (h_B - h_A). \quad (7.4)$$



### Методика виконання роботи

1. Підготувати твердомір до роботи.
2. Натискуванням наконечника твердоміра в досліджуваній ґрунт записати 10...12 діаграм на міліметровому папері.
3. Визначити точки  $A$  на діаграмах, апроксимуючи їх двома відрізками  $OA$  і  $AB$ .
4. За допомогою розрахунків визначити площу  $S_q$  ділянки  $OAD$  кожної діаграми і за значеннями площі визначити середню ординату  $Y$  діаграми  $Y = S_q / h$ .
5. Визначити твердість ґрунту  $P$ , Н/см<sup>2</sup>; коефіцієнт об'ємного зминання  $q$ , Н/см<sup>3</sup>; роботу змину  $A$ , Дж, за залежностями (7.1), (7.2), (7.3) і дані розрахунків занести до табл. 7.1.
6. Підрахувати середні значення твердості, коефіцієнта зминання і роботи зминання за усіма повторностями.
7. Підрахувати середньоквадратичні відхилення твердості за формулою:

$$\sigma_P^2 = \pm \sqrt{\left( \sum_i^n (\bar{P} - P_i) \right)^2 / (n-1)}, \quad (7.5)$$

де  $n$  – кількість повторностей.

Слід аналогічно розрахувати для коефіцієнта об'ємного зминання  $\sigma_q^2$  та роботи  $\sigma_A^2$ .

Перевірити дані повторностей на належність їх до малої вибірки та усунути «викиди», тобто результати тих повторювань, що різко відрізняються своїми значеннями від середніх величин:

$$\bar{P}_{сер} = \frac{\sum P_i}{n}; \quad \bar{q} = \frac{\sum q_i}{n}; \quad \bar{A} = \frac{\sum A_i}{n}. \quad (7.6)$$

При потребі (якщо є вибракувані повторності) скласти нову таблицю без вибракуваних повторювань і повторити розрахунок з пункту 6 послідовності виконання роботи.

Таблиця 7.1  
Умови і характеристика дослідів

Послідовність дослідів	Площа діаграми $S_q, \text{см}^2$	Заглиблення наконечника, $h, \text{см}$	Середня ордината $Y, \text{мм}$	Твердість ґрунту, $\text{Н/мм}^2$	Коефіцієнт об'ємного стискання, $\text{Н/см}^3$	Робота зминання $A, \text{Дж}$	Квадрат відхилення		
							$(\bar{P} - P_i)^2$	$(\bar{q} - q_i)^2$	$(\bar{A} - A_i)^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

8. Визначити помилку (похибку) дослідів при розрахунку твердості ґрунту за формулою:

$$m_p = \frac{\sigma_p}{\sqrt{n}},$$

а також аналогічно помилки  $m_q, m_A$ .

9. Знайдені значення характеристик механічних властивостей ґрунту занести до табл. 7.2. Дійсні значення характеристик записати у вигляді:

$$P_D = P_{сер} \pm m_p = \dots \text{Н} / \text{см}^2;$$

$$q_D = q_{сер} \pm m_q \dots \text{Н} / \text{см}^3;$$

$$A_D = A_{сер} \pm m_D \dots \text{Дж}.$$

Таблиця 7.2

## Результати дослідів

Кількість повторювань дослідів	Твердість, Н/см <sup>2</sup>			Коефіцієнт об'ємного зминання, Н/см <sup>3</sup>			Робота змину, Дж		
	$P_{сер}$	$\sigma_p$	$m_p$	$q_{сер}$	$\sigma_q$	$m_q$	$A_{сер}$	$\sigma_A$	$m_A$
$n$									

*Зміст звіту*

1. Навести схему твердоміра, дослідні діаграми, розрахунки і таблиці за послідовністю виконання роботи.
2. Виконати статистичну обробку результатів проведених досліджень.
3. Короткі висновки за результатами роботи.

## Заняття №8

### **ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА І КУТА ЗОВНІШНЬОГО ТЕРТЯ ҐРУНТУ**

*Аудиторний час виконання: 2 академічні години*

**Мета роботи:** ознайомлення з методикою та придбання навичок експериментального визначення коефіцієнта і кута зовнішнього тертя ґрунту.

*Обладнання прилади та інструменти*

Прилад В.О. Желіговського для визначення кутів і коефіцієнтів тертя, зразки досліджуваного ґрунту, креслярський папір, кутник, лінійка, олівець.

*Загальні відомості*

При переміщенні тіла вагою  $G$  вздовж площини (рис.8.1) під дією активної сили  $P$  виникає сила опору  $F$  ковзання тіла, яка називається силою тертя. Сила тертя  $F$

– пасивна сила (реакція) направлена в бік протилежний напрямкові руху тіла дорівнює:

$$F = f \cdot N, \quad (8.1)$$

де  $N$  – нормальна сила, Н;  
 $f$  – коефіцієнт тертя.

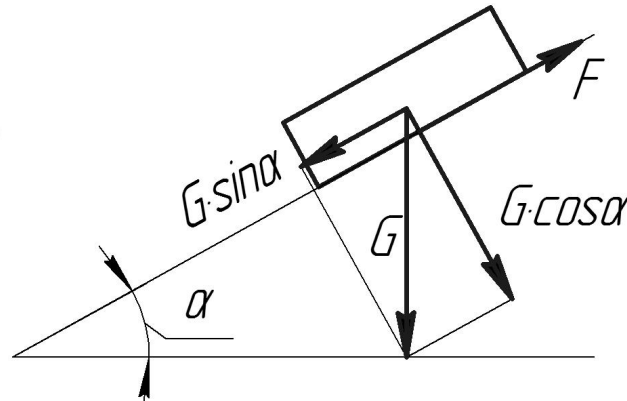
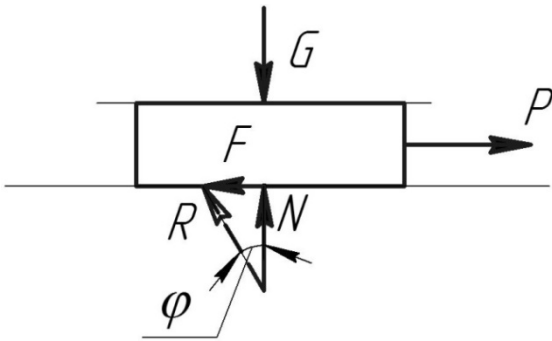


Рис. 8.1. Схема сил, що діють на елементи ґрунту під час його руху по площині

Рис. 8.2. Схема сил, що діють на елементи ґрунту під час його руху по площині

Рівнодійна  $R$  сили тертя  $F$  і нормальної сили  $N$  відхиляється від нормалі на кут тертя  $\varphi$ , тангенс якого дорівнює коефіцієнту тертя  $f$ .

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{F}{N}. \quad (8.2)$$

Кут тертя – це такий граничний, найменший кут нахилу  $\alpha$  робочої поверхні, при якому починається відносний рух тіла вздовж неї без дії на нього зовнішньої активної сили (рис. 8.2).

Складова сили тяжіння  $G \cdot \sin \alpha$ , що спричиняє рух тіла вздовж похилої площини при  $\alpha = \varphi$  дорівнює силі тертя  $F$ .

Тому найпростішим приладом для визначення кута і коефіцієнта тертя може бути нахилена під певним кутом площина з фіксованим значенням цього кута нахилу  $\alpha$ .

Інший метод визначення кута і коефіцієнта тертя запропонований академіком В.О. Желіговським (рис. 8.3), який ґрунтується на визначенні напрямку рівнодійної сили  $R$  від сили тертя  $F$  і нормальної сили  $N$  за допомогою побудови відповідного силового трикутника.

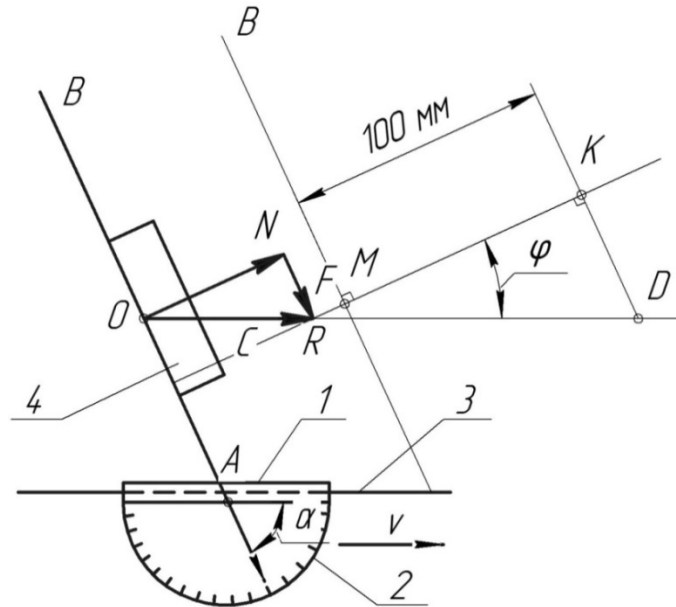


Рис. 8.3. Визначення коефіцієнтів і кутів тертя приладом В.О. Желіговського

#### *Послідовність виконання роботи*

Прилад (рис. 8.3) складається з колодки 1, на якій закріплений транспортер 2, призначений для установки кута  $\alpha$ . Колодка приладу переміщується по направляючій 3. До колодки кріпиться лінійка  $AB$ . На лінійці за допомогою струбцин можна закріпити різні матеріали. Для установки дослідних зразків ґрунту призначена каретка 4. На каретці закріплюється олівець для запису траєкторії її руху.

Лінійка  $AB$  приладу, на якій закріплюється дослідна поверхня тертя (сталь, дерево, пластик) встановлюється під деяким кутом  $\alpha$  до напрямку руху. Кут  $\alpha$  вибирається з умови ковзання дослідного зразка по поверхні тертя, що закріплена лінійкою  $AB$ . Ця умова виконується при  $\alpha < 90 - \varphi$ .

Дослідний зразок ґрунту розміщується в каретку, яка

підводиться до лінійки. При переміщенні приладу в напрямку, вказаному стрілкою, лінійка штовхає зразок, який ковзає по ній під дією сил  $F$  та  $N$ . Напрям рівнодіючої  $R$  цих сил отримують, закріпивши на каретці, в яку поміщується зразок, олівець, що креслить траєкторію  $OD$  зразка на покладеному аркуші паперу. Сила  $N$  направлена по нормалі до лінійки.

Кут тертя  $\varphi$ , між траєкторією  $OD$  (напрямком сили  $R$ ) і нормаллю (напрямком сили  $N$ ), визначають наступним чином. Нормаль  $MN$  проводять так, щоб вона в будь-якій точці  $m$  перетиналась з траєкторією  $OD$ . Відклавши від точки  $m$  на прямій  $MN$  відрізок  $MK$ , рівний наприклад 100 мм, і провівши перпендикуляр із точки  $K$  до прямої  $MN$ , отримують прямокутний трикутник  $MKD$ . Відношення катетів  $KD$  до  $KM$  цього трикутника є тангенс кута  $\varphi$ :

$$\frac{KD}{KM} = \frac{KD}{100} = \operatorname{tg}\varphi. \quad (8.3)$$

Вимірявши катет  $KD$  і підставивши в формулу (8.3), отримаємо тангенс кута тертя рівний коефіцієнту тертя

$$f = \operatorname{tg}\varphi. \quad (8.4)$$

Експерименти проводять в трьох, п'ятикратній повторності для двох пар досліджуваних матеріалів.

Змінюючи довільно кут нахилу лінійки  $\alpha$  в доступних межах ( $\alpha < 90^\circ - \varphi$ ), провести 10...12 дослідів, отримані результати занести у таблицю 8.1.

Слід відмітити, що сила тертя каретки на папері направлена поздовж дії сили  $R$  і тому не впливає на точність визначення коефіцієнта тертя дослідного зразка об поверхню тертя.

Дані виміри, отримані після кожного досліду, підставляються в формулу (8.3), після чого обчислюються коефіцієнти тертя. Середньоарифметичні значення коефіцієнта тертя обчислюється за формулою:

$$\bar{f} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n}, \quad (8.5)$$

де  $n$  – число повторностей.

Кут тертя визначається за формулою:

$$\bar{\varphi} = \arctg \bar{f}. \quad (8.6)$$

За результати обробки даних заповнити таблицю 8.1

Таблиця 8.1

### Результати дослідів

Поверхня тертя	Матеріал зразка	Коефіцієнт тертя $f$					Кут тертя, $\bar{\varphi}$
		повторності					
		1	2	3	4	5	

### Зміст звіту

1. Навести схему приладу В.О. Желіговського.
2. Описати методику проведення експерименту.
3. Навести отримані результати дослідів у таблиці.
4. Сформулювати висновки по роботі.

## Література

1. Наукова та інноваційна діяльність в Україні. Стат. зб./ Держкомстат. - К., 2001.
2. Про науково-технічну інформацію: Закон України. URL: [www.liga.kiev.ua](http://www.liga.kiev.ua)
3. Васильковський О., Лещенко С., Васильковська К., Петренко Д. Підручник дослідника: Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. – Харків: Мачулін, 2016.– 204 с.
4. Білуха М.Т. Основи наукових досліджень: Підручник. - К.: Вища школа, 1997.
5. Британ В.Т. Організація вузівської науки. - К., 1992.
6. Петренко М. М. Основи наукових досліджень в сільськогосподарському машинобудуванні [Текст] / М.М. Петренко. – Кіровоград: Кіровоградське державне видавництво, 1997. – 148 с.
7. Пилипчук М. І. Основи наукових досліджень [Текст] / М.І. Пилипчук, А.С. Григор'єв, В.В. Шостак – К.: Знання, 2007. – 270 с.
8. Романчиков В.І. Основи наукових досліджень: Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 254 с.
9. Соловйов С.М. Основи наукових досліджень. Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 176 с.
10. Хайліс Г. А. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навч. посібник [Текст] / Г.А. Хайліс, Д.М. Коновалюк.– К.: НМКВО, 1992. – 320 с.
11. Цехмістрова Г.С. Основи наукових досліджень: Навчальний посібник.– Київ: Видавничий Дім «Слово», 2003.- 240 с.



## ДОДАТКИ

**Частковий зміст класу 01 – «Сільське господарство...»  
Міжнародної патентної класифікації (МПК)**

<b>A01B</b>	<b>ОБРОБЛЕННЯ ҐРУНТУ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ АБО ЛІСІВНИЦТВІ; ВУЗЛИ, ДЕТАЛІ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН АБО ЗНАРЯДДЯ ВЗАГАЛІ</b> (утворення та загортання борозен або лунок для сівби, садіння або внесення добрив <b>A01C 5/00</b> ; машини для збирання урожаю коренеплодів <b>A01D</b> ; косарки, перетворювані на ґрунтообробні пристрої, або косарки, пристосовані для оброблення ґрунту <b>A01D 42/04</b> ; косарки, комбіновані з ґрунтообробним знаряддям <b>A01D 43/12</b> ; оброблення ґрунту для технічних цілей <b>E01, E02, E21</b> )	
<b>A01B</b>	<b>РУЧНЕ ЗНАРЯДДЯ</b>	A01B 1/00
	<b>ПЛУГИ</b>	
	Звичайної конструкції	A01B 3/00, A01B 5/00, A01B 9/00, A01B 11/00
	Спеціального застосування	A01B 13/00, A01B 17/00
	Деталі	A01B 15/00
	<b>БОРОНИ</b>	
	Звичайної конструкції	A01B 19/00, A01B 21/00
	Спеціального застосування	A01B 25/00
	Деталі	A01B 23/00
	<b>ЗНАРЯДДЯ, ЯКЕ ВИКОРИСТОВУЮТЬ АБО ЯК ПЛУГИ, АБО ЯК БОРОНИ ТОЦО</b>	A01B 7/00
	<b>ІНШІ МАШИНИ</b>	A01B 27/00- A01B 45/00, A01B 49/00, A01B 77/00
	<b>ЕЛЕМЕНТИ АБО ВУЗЛИ МАШИН АБО ЗНАРЯДЬ</b>	A01B 59/00- A01B 71/00
	<b>ТРАНСПОРТ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ</b>	A01B 51/00, A01B 73/00, A01B 75/00
	<b>ІНШІ ВУЗЛИ, ДЕТАЛІ АБО ДОПОМІЖНІ ПРИСТРОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН АБО ЗНАРЯДДЯ</b>	A01B 76/00

	СПЕЦІАЛЬНІ СПОСОБИ ОБРОБЛЯННЯ ГРУНТУ	A01B 47/00, A01B 79/00
A01C	САДІННЯ; СІВБА; УДОБРЮВАННЯ (в поєднанні з загальним оброблянням ґрунту A01B 49/04; вузли, деталі або допоміжне обладнання сільськогосподарських машин або знарядь взагалі A01B 51/00-A01B 75/00)	
A01C	УДОБРЮВАННЯ	
	Способи	A01C 3/00, A01C 21/00
	Пристрої	A01C 3/00, A01C 15/00, A01C 17/00, A01C 19/00, A01C 23/00
	РОБОТИ, ЯКІ ВИКОНУЮТЬ ПЕРЕД СІВБОЮ АБО САДІННЯМ	A01C 1/00
	САДІННЯ	A01C 9/00, A01C 11/00, A01C 13/00, A01C 14/00
	СІВБА	A01C 7/00, A01C 17/00, A01C 19/00
	ЗАГАЛЬНІ ПРИСТРОЇ	A01C 5/00
A01D	ЗБИРАННЯ УРОЖАЮ; КОСІННЯ	
A01D	Цей підклас охоплює подрібнювання стебел та стерні, наприклад з метою одержання мульчі, але не охоплює інше механічне руйнування небажаної рослинності, яке охоплюється групою A01M 21/02.	
A01D	РУЧНЕ ЗНАРЯДДЯ	
	Різальне знаряддя, граблі, вила тощо	A01D 1/00, A01D 7/00, A01D 9/00, A01D 11/00
	Допоміжні пристрої	A01D 3/00, A01D 5/00
	МАШИНИ ДЛЯ ЗБИРАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ	
	Машини для викопування	A01D 13/00- A01D 19/00, A01D 27/00

	Гичкорізи	A01D 23/00, A01D 27/00
	Для специфічних продуктів	A01D 13/00, A01D 21/00, A01D 25/00, A01D 29/00
	Інші машини	A01D 31/00
	Допоміжні пристрої	A01D 33/00
	<b>ЗБИРАННЯ АБО КОСІННЯ ЗЕРНОВИХ АБО ТРАВ</b>	
	Збиральні машини або косарки	A01D 34/00, A01D 37/00, A01D 41/00, A01D 42/00, A01D 43/00
	Снопов'язалки	A01D 37/00, A01D 39/00
	Хедери	A01D 47/00
	Для специфічних продуктів	A01D 44/00, A01D 45/00
	Комплектуючі	A01D 57/00- A01D 69/00
	Допоміжні пристрої	A01D 75/00, A01D 85/00
	<b>СІНОЗБИРАЛЬНІ МАШИНИ</b>	A01D 76/00- A01D 84/00
	<b>ЗБИРАННЯ УРОЖАЮ ІНШИХ КУЛЬТУР</b>	
	Підводних рослин	A01D 44/00
	Стеблових культур	A01D 45/00
	Знімання або збирання фруктів, овочів тощо	A01D 46/00, A01D 51/00
	<b>ЗБИРАННЯ, НАВАНТАЖУВАННЯ, ТРАНСПОРТУВАННЯ</b>	A01D 51/00, A01D 85/00- A01D 90/00
	<b>ЗАГАЛЬНІ СПОСОБИ</b>	A01D 91/00
<b>A01D 76/00 - A01D 87/00</b>	У групах <b>A01D 76/00-A01D 87/00</b> наступні терміни вживаються в наступних значеннях. «Сіно» включає всі скошені кормові культури в повністю або частково висушеному вигляді «сінозбиральні машини» – всі машини, які збирають кормову культуру, скошену на сіно, що лежить на землі, за винятком «граблів», які належать до групи <b>A01D 7/00</b> .	

<b>A01F</b>	<b>МОЛОТЬБА</b> (об'єднує <b>A01D 41/00</b> ); <b>ПРЕСУВАННЯ В ТЮКИ СОЛОМИ, СІНА ТОЩО; СТАЦІОНАРНІ ПРИСТРОЇ АБО РУЧНІ ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ АБО В'ЯЗАННЯ СОЛОМИ, СІНА АБО ПОДІБНОГО В СНОПИ; РІЗАННЯ СОЛОМИ, СІНА АБО ПОДІБНОГО; ЗБЕРІГАННЯ ПРОДУКЦІЇ ЗЕМЛЕРОБСТВА АБО САДІВНИЦТВА</b> (пристрої для складання або укладання стогів у поєднанні зі збиранням урожаю <b>A01D 85/00</b> )	
<b>A01F</b>	<b>МОЛОТЬБА</b>	
	Функціональні типи устаткування	A01F 5/00, A01F 7/00
	Пристрої спеціального призначення	A01F 11/00
	Конструктивні елементи	A01F 12/00
	ПРЕСУВАННЯ В ТЮКИ СОЛОМИ, СІНА ТОЩО	A01F 1/00, A01F 13/00, A01F 15/00
	ДОПОМІЖНЕ ПРИЛАДДЯ ДЛЯ МОЛОТАРОК АБО ПАКУВАЛЬНИХ ПРЕСІВ	A01F 17/00, A01F 19/00, A01F 21/00
	ЗБЕРІГАННЯ ПРОДУКЦІЇ ЗЕМЛЕРОБСТВА АБО САДІВНИЦТВА	A01F 25/00
	МАШИНИ АБО ЗНАРЯДДЯ ДЛЯ РІЗАННЯ СОЛОМИ, СІНА АБО ПОДІБНОГО	A01F 3/00, A01F 29/00

Слід зазначити, що до підкласу **A01F** «Конструктивні елементи» входять:

**A01F 12/44** – Зерноочисники; Сепаратори для зерна [2006.01];

**A01F 12/46** – Механічні конвеєри для зерна [2006.01];

**A01F 12/48** – Повітродувки або вентилятори для зерна [2006.01];

**A01F 12/54** – Пристосовання для збирання або видаляння пилу [2006.01] тощо.

### *Приклад оформлення заявки на винахід*

Мандрицький М.Ю.  
Мороз С.М.  
Васильковський О.М.  
Мачок Ю.В.

#### Ротаційний різальний апарат

Винахід відносяться до області сільськогосподарської техніки, а саме до машин для скошування високоврожайних багаторічних та посівних трав, бур'янів на полях не засмічених камінням, а також може бути використаний в інших областях для вказаних цілей.

Найбільш близьким по технічній суттєвості та досягнутому результату до запропонованого винаходу є ротаційний різальний апарат начіпної косарки КН-2,1 [1–2], оснащений шарнірно закріпленими сегментними ножами.

Недоліком такого різального апарату є швидке затуплення лез ножів, в наслідок чого конструкція потребує зняття останніх, заточування лез і встановлення, що призводить до значних витрат часу.

Задачею запропонованого винаходу є збільшення часу роботи ротаційного різального апарату без заточування лез ножів.

Вирішення поставленої задачі досягається тим, що запропонований ротаційний різальний апарат, який складається з вала, диска, осей та шарнірно закріплених на них ножів, відрізняється тим, що ножі мають Х-подібну форму із загостренням лез по всьому периметру і хрестоподібні отвори для кріплення.

Запропоноване технічне рішення дозволяє уникнути недоліків відомого робочого органу завдяки тому, що фактично ножі мають чотири леза замість одного. При затупленні леза ніж повертають на 90 градусів завдяки наявності хрестоподібних отворів. При цьому зменшується частота загострень у чотири рази.

Суть винаходу пояснюється кресленням (фіг. 1).

Ротаційний різальний апарат складається із вала 1, диска 2, ножів 3, фіксаторів 4.

Ротаційний різальний апарат працює таким чином: під час руху агрегату травостій зрізують ножами 3, шарнірно встановленими на осях 4 диску 2, що обертаються з великою швидкістю (65 м/с) на валу 1. Зрізана маса підхоплюється ножами та дисками і виноситься із зон різання.

Запропоноване технічне рішення дозволяє вирішити задачу зменшення витрат часу на заміну зношених сегментів, сприяє підвищенню якості зрізання та подрібнення стебел рослин та продуктивності агрегату.

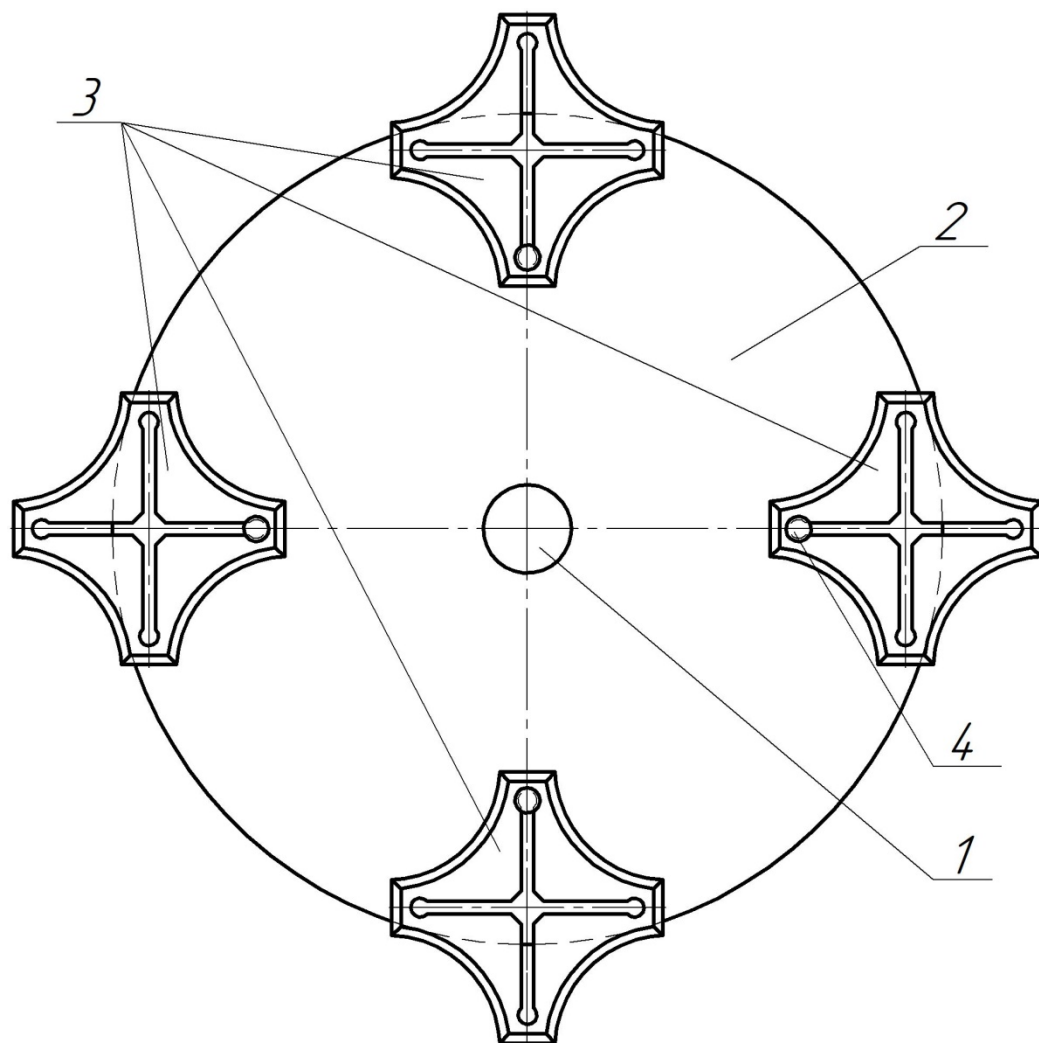
Джерело інформації:

1. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студент. вищ. навч. закл. із спец. „Машини та обладн. с.–г. вир–ва”/ За ред. М.І. Черновола. Кн. 2: Машини для рільництва/ П.В. Сисолін, Т.І. Рибак, В.М. Сало; За ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2002. – 364 с.: іл.
2. Войтюк Д.Г. 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.; іл.

Заявник: Центральноукраїнський національний технічний університет

Проректор

О.М. Левченко



Фиг. 1



### Формула винаходу

Ротаційний різальний апарат, який складається з валу, диска, осей та шарнірно закріплених на них ножів, відрізняється тим, що ножі мають Х-подібну форму із загостренням лез по всьому периметру і хрестоподібні отвори для кріплення.

Заявник:

Проректор з наукової  
роботи ЦНТУ

О.М. Левченко

Автори:

М.Ю. Мандрицький  
С.М. Мороз  
О.М. Васильковський  
Ю.В. Мачок

---

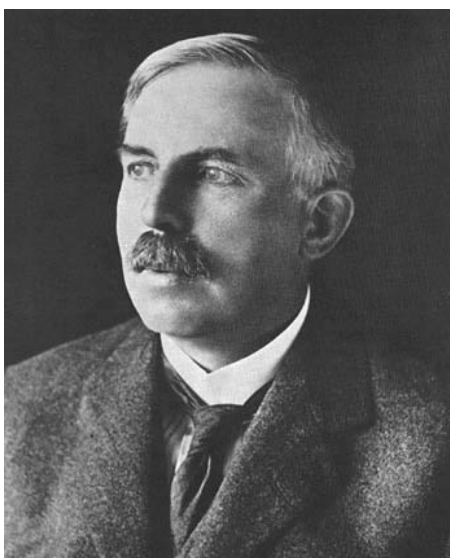
## РЕФЕРАТ

Винахід відносяться до області сільськогосподарської техніки, а саме до машин для скошування високоврожайних багаторічних та посівних трав, бур'янів на полях не засмічених камінням, а також може бути використаний в інших областях для вказаних цілей.

Задачею запропонованого винаходу є збільшення часу роботи ротаційного різального апарату без заточування ріжучих крайків сегментів.

Вирішення поставленої задачі досягається тим, що запропонований ротаційний різальний апарат, який складається з вала, диска, осей та шарнірно закріплених на них ножів, відрізняється тим, що ножі мають Х-подібну форму із загостренням лез по всьому периметру і хрестоподібні отвори для кріплення.

## ПІСЛЯМОВА



*Ернест Резерфорд*

Якось викладач одного відомого університету звернувся до сера Ернеста Резерфорда, президента Королівської Академії і лауреата Нобелівської премії з фізики за допомогою. Він збирався поставити найнижчу оцінку з фізики одному зі своїх студентів, тоді як той стверджував, що заслуговує вищого балу. Обидва – викладач і студент – згодилися покласти на думку третьої особи, незацікавленого арбітра. Вибір ліг на Резерфорда. Екзаменаційне питання було таким: «Поясніть, як можна зміряти висоту будівлі за допомогою барометра?».

Відповідь студента була такою: «Потрібно піднятися з барометром на дах будівлі, опустити барометр вниз на довгому мотузку, а потім втягнути його назад і зміряти довжину мотузки, яка і покаже точну висоту будівлі».

Випадок був і насправді складний, оскільки відповідь була абсолютно вірною! З другого боку, іспит був з фізики, а відповідь не мала нічого спільного із застосуванням знань у цій області.

Резерфорд запропонував студенту спробувати відповісти ще раз. Давши йому шість хвилин на підготовку, він попередив його, що відповідь повинна демонструвати знання фізичних законів. Після закінчення п'яти хвилин студент так і не написав нічого в екзаменаційному листі. Резерфорд запитав його, чи погоджується він з виставленою оцінкою, але той заявив, що у нього є декілька рішень проблеми, і він просто вибирає краще.

Зацікавившись, Резерфорд попросив молоду людину приступити до відповіді, не чекаючи закінчення відведеного терміну. Нова відповідь на питання була така: «Підніміться з барометром на дах і киньте його вниз, заміряючи час падіння. Потім, використовуючи формулу, обчисліть висоту будівлі».

Тут Резерфорд запитав свого колегу викладача, чи задоволений він цією відповіддю. Той, нарешті, здався, визнавши відповідь за задовільну.

– Є декілька способів зміряти висоту будівлі за допомогою барометра, – продовжив студент. – Наприклад, можна вийти на вулицю в сонячний день і зміряти висоту барометра і його тіні, а також зміряти довжину тіні будівлі. Потім, вирішивши пропорцію, визначити висоту самої будівлі.

– Непогано, – сказав Резерфорд. – Є і інші способи?

– Так. Є дуже простий спосіб, який, упевнений, вам сподобається. Ви берете барометр в руки і підіймаєтеся по сходах, прикладаючи барометр до стіни і роблячи відмітки. Злічивши кількість цих відміток і помноживши їх кількість на розмір барометра, ви одержите висоту будівлі.

– Якщо ви хочете складніший спосіб, – продовжував він, – то прив'яжіть до барометра шнурок і, розгойдуючи його, як маятник, визначте величину гравітації у основи будівлі і на його даху. З різниці між цими величинами, в принципі, можна обчислити висоту будівлі. У цьому ж випадку, прив'язавши до барометра шнурок, ви можете піднятися з вашим маятником на дах і, розгойдуючи його, обчислити висоту будівлі за періодом прецесії.

– Нарешті, – сказав він, – серед безлічі інших способів рішення даної проблеми кращим, мабуть, є такий: візьміть барометр з собою, знайдіть управляючого і скажіть йому: «Пан управляючий, у мене є чудовий барометр. Він ваш, якщо ви скажете мені висоту цієї будівлі».

Тут Резерфорд запитав студента, невже він дійсно не знав загальноприйнятого рішення цієї задачі. Той признався, що знав, але сказав при цьому, що ситий по горло школою і коледжем, де вчителі нав'язують учням свій спосіб мислення.

Студент цей був Нільс Бор (1885-1962), в подальшому – датський фізик, лауреат Нобелівської премії 1922 р.



*Нільс Бор*

***Укладачі даного посібника сподіваються на добрі знання і уміння студентів вирішувати поставлені задачі своїм способом мислення і щиро бажають Вам досягнення висот сера Ернеста Резерфорда і Нільса Бора!***