

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



**Інженерно-
технологічний
факультет
СНАУ**

СИСТЕМА МАШИНА-ПОЛЕ

**Методичні вказівки щодо виконання
лабораторно-практичних робіт**

СУМИ – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра АГРОІНЖИНІРИНГУ

СИСТЕМА МАШИНА-ПОЛЕ

**Методичні вказівки щодо виконання
лабораторно-практичних робіт**

**для здобувачів 4 та 3 с.т. курсу освітньої програми «Агроінженерія»
денної та заочної форм здобуття освіти ступеню вищої освіти «бакалавр»**

ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ Н Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна

медицина

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ Н7 Агроінженерія

Суми – 2026

ББК

С 34

УДК 631 (075.8)

Укладачі: д.т.н., професор Шуляк М.Л., PhD, доцент Саржанов Б.О., старший викладач Калнагуз О.М., завідувач навчальної лабораторії кафедри агроінжинірингу Батюк Л.М.

С 34 Система машина-поле. Методичні вказівки щодо виконання лабораторно-практичних робіт для здобувачів 4 та 3 с.т. курсу освітньої програми «Агроінженерія» денної та заочної форм здобуття освіти ступеню вищої освіти «бакалавр»./ Укл. Шуляк М.Л., Саржанов Б.О., Калнагуз О.М., Батюк Л.М.– Суми: СНАУ, 2026. – 89 с..

Методичні вказівки освітнього компоненту «Система машина-поле» призначені для виконання лабораторно-практичних робіт здобувачами 4 та 3 с.т. курсу освітньої програми «Агроінженерія» денної та заочної форм навчання ступеню вищої освіти «бакалавр». У МВ висвітлено теоретичні положення щодо властивостей сільськогосподарських матеріалів та енергетичної оцінки виконання технологічних операцій, наведено методики їх визначення та обробки експериментальних даних. Методичні вказівки спрямовані на формування практичних навичок розрахунку енергетичної оцінки технологічних операцій при вирощуванні сільськогосподарських культур та обґрунтування параметрів роботи машинно-тракторного агрегату.

Рецензенти:

Харченко Ф.М. – к.т.н., доцент кафедри агроінжинірингу Сумського НАУ;

Думанчук М.Ю., к.т.н., доцент кафедри технічного сервісу та галузевого машинобудування Сумського НАУ

Відповідальний за випуск: Шуляк М.Л., д.т.н., професор, завідувач кафедри агроінжинірингу СНАУ.

Рекомендовано до видання радою із забезпечення якості освітньої діяльності та якості вищої освіти інженерно-технологічного факультету. Протокол № 5 від 12.03.2026 року

© М.Л. Шуляк, Б.О. Саржанов,
О.М.Калнагуз, Л.М. Батюк
© Сумський національний аграрний
університет, 2026

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

Назва теми	Кількість годин
<u>Тема 1. Мета і задачі дисципліни. Сільськогосподарське виробництво.</u> Лабораторно-практична робота. Тарування пружин приладів з визначення механічних характеристик сільськогосподарських матеріалів	2
<u>Тема 2. Енергетичний баланс системи «машина поле».</u> Лабораторно-практична робота. Енергетичні еквіваленти витрат енергії та енергомісткість сільськогосподарської продукції	4
<u>Тема 3. Ґрунт та його властивості.</u> Лабораторно-практична робота. Визначення вологості ґрунту	4
<u>Тема 4. Вплив рушіїв тракторів і сільськогосподарських машин на властивість ґрунту, ущільнення ґрунту.</u> Лабораторно-практична робота. Оцінка якості роботи сільськогосподарської машини Лабораторно-практична робота. Визначення ущільнюючої дії ходових систем сільськогосподарської техніки на ґрунт	8
<u>Тема 5. Використання енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур.</u> Лабораторно-практична робота. Енергетична оцінка машинно-тракторного агрегату на виконанні технологічної операції Лабораторно-практична робота. Визначення впливу товщини леза робочого органу ґрунтообробної машини на величину сили опору ґрунту при різанні	8
<u>Тема 6. Альтернативні джерела енергії.</u> Лабораторно-практична робота. Контроль врожайності поля відповідно до технології система точного землеробства	2
Разом годин:	28

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1 ЕНЕРГЕТИЧНІ ЕКВІВАЛЕНТИ ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ ТА ЕНЕРГОМІСТКІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	9
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2 ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА МАШИННО–ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ НА ВИКОНАННІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ.....	25
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3 ОЦІНКА ЯКОСТІ РОБОТИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ МАШИНИ	36
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4 ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ.....	47
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5 ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТОВЩИНИ ЛЕЗА РОБОЧОГО ОРГАНУ ҐРУНТООБРОБНОЇ МАШИНИ НА ВЕЛИЧИНУ СИЛИ ОПОРУ ҐРУНТУ ПРИ РІЗАННІ.....	55
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6 ВИЗНАЧЕННЯ УЩІЛЬНЮЮЧОЇ ДІЇ ХОДОВИХ СИСТЕМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ НА ҐРУНТ.....	62
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7 КОНТРОЛЬ ВРОЖАЙНОСТІ ПОЛЯ ВІДПОВІДНО ДО ТЕХНОЛОГІЙ СИСТЕМИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА.....	70
ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА 8 ТАРУВАННЯ ПРУЖИН ПРИЛАДІВ З ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ.....	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	85

ВСТУП

Людина є елементом системи Машина-Поле (МП), а тому сама система МП є ергатичною. На сьогодні взаємодія людини з сільськогосподарським полем при виробництві продукції рослинництва відбувається виключно через застосування сільськогосподарських машин та машинно-тракторних агрегатів (МТА). Людина у цій системі виконує певну роботу і витрачає енергію, яка іде на виробництво сільськогосподарських машин та знарядь, підтримку їх нормального функціонування (забезпечення належного технічного стану, постачання паливно-мастильних матеріалів), виробництво та внесення добрив, насіння, пестицидів тощо.

Основна задача при цьому - підвищення коефіцієнта корисної дії процесу фотосинтезу рослин, за рахунок якого відбувається збільшення енергетичного потенціалу поля на заключному етапі технологічного циклу виробництва продукції - отриманні урожаю. Урожай є результатом впливу комплексу природних і антропогенних дій і факторів, що складають систему МП. Саме у системі МП людина керує енергетичними (паливо), інформаційними (визначення та аналіз меж поширення шкідників і хвороб сільськогосподарських культур, вмісту поживних речовин у ґрунті тощо) та технологічними (добрива, насіння, пестициди тощо) потоками.

Інформаційні потоки формуються з баз даних місцевизначених параметрів поля та зареєстрованих даних кількісного та якісного перебігу технологічних параметрів роботи машини у полі. На основі інформаційних потоків формуються закони керування технологічними потоками. Від якості керування технологічними потоками залежить результат як окремої технологічної операції, так і кінцевий результат діяльності протягом всього циклу виробництва продукції. Тому важливо об'єктивно реєструвати рівень діючих місцевизначених параметрів, а також забезпечити точне керування

інтенсивностями потоків технологічних матеріалів, що їх вносять сільськогосподарські машини.

Система МП, як і будь-яка інша ергатична система, характеризується певними техніко-економічними характеристиками (наприклад, рівнем своєї складності, надійності, продуктивності тощо) і складається з підсистем. Підсистемами виступають машинно-тракторні агрегати (МТА), які підключаються до підсистеми "поле" періодично, відповідно до сезонності механізованих робіт, що виконуються. Результат і якість попередньої механізованої операції є входними факторами для наступної. Це означає, що всі механізовані технологічні операції у полі мають спільний зв'язок, і основним об'єднуючим елементом цих зв'язків виступають координати положення МТА у полі. Тобто, якщо накрити поле координатною сіткою, то всі механізовані операції відбуваються у межах однієї координатної поверхні. Така координатна сітка, а також час, пов'язують між собою інформаційний і технологічний потоки функціональними зв'язками. Аналіз цих зв'язків дає можливість диференціювати польові роботи залежно від координат МТА і проводити стратегію цілеспрямованого керування технологічним потоком на кожній елементарній ділянці поля. З'являється можливість об'єктивно встановити рівень цільового навантаження (*наприклад, в енергетичному еквіваленті*) з боку механізованих робіт, що проводяться, на елементарну ділянку поля і визначити віддачу цих ділянок і поля у цілому.

Методичні вказівки по виконанню лабораторно-практичних робіт з дисципліни: Система машина – поле написані відповідно до чинної програми.

Для лабораторно-практичних робіт проводять обробку результатів дослідів методами математичної статистики з визначенням середньої арифметичної величини, середнього квадратичного відхилення та коефіцієнта варіації.

Середню арифметичну величину обчислюють за формулою

$$M = \frac{\sum K_i \cdot l_{ci}}{\sum K_i} \text{ або } M = \frac{\sum P_i \cdot l_{ci}}{100}, \quad (1)$$

де K_i, P_i – частота повторення ознаки i -го класу, шт., г, %;

l_{ci} – середній розмір i -го класу.

Середнє квадратичне відхилення визначають за формулою

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (M - l_{ci})^2 K_i}{\sum K_i}} \text{ або } \sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (M - l_{ci})^2 P_i}{100}}. \quad (2)$$

Величина σ характеризує розбіжність розмірів варіаційного ряду.

Для визначення коефіцієнта варіації (%) застосовують формулу

$$V = \frac{\sigma}{M} \cdot 100. \quad (3)$$

Коефіцієнт варіації дає змогу порівнювати мінливість розмірів ознаки. У сільському господарстві приймають наступну градацію величин коефіцієнта варіації:

- від 0 до 10 % - незначне варіювання;
- від 10 до 20 % середній рівень варіювання;
- від 20 % і більше – значне варіювання.

В конкретних лабораторно-практичних роботах можуть наводитися додаткові відомості щодо обробки результатів дослідів методами математичної статистики.

Мета дисципліни Система машина - поле - сформувати систему практичних знань з наукових основ розробки і організації оптимальних методів механізованого виробництва продукції рослинництва.

У результаті виконання циклу робіт здобувачі повинні засвоїти:

- методика енергетичної оцінки механізованих технологічних процесів у рільництві;
- критерії та методи оцінки якості та надійності виконання механізованих технологічних операцій;
- методика та технічні засоби визначення основних технологічних та фізико-механічних параметрів ґрунту;

- способи зменшення ущільнювальної дії на ґрунт ходових систем сільськогосподарської техніки;
- основи точного землеробства.

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

ЕНЕРГЕТИЧНІ ЕКВІВАЛЕНТИ ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ ТА

ЕНЕРГОМІСТКІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

Мета роботи - Ознайомитись з загальними положеннями енергетичного балансу системи **"Машина – Поле"**, енергетичними еквівалентами та енергоємністю сільськогосподарської продукції.

1. Теоретична частина

Загальні положення енергетичного балансу системи "Машина – Поле".

Історія життя на Землі, так же як і історія самої Землі починається з Сонця. Лише недавно людина оволоділа енергією, що виділяється при взаємодії атомних ядер. Але єдиним джерелом енергії майже для всіх форм життя і різноманітних процесів, що відбуваються на Землі (випаровування води, рух теплих і холодних океанських течій і т. д.) являється Сонце.

Будь-якій машині для роботи необхідно джерело енергії: в годиннику – це енергія стиснутої пружини, на гідроелектростанціях – кінетична енергія подаючи води і т. д. Необхідна енергія і всім живим істотам; вони також одержують її з "пального", що окислюється, і яке в цьому випадку називається їжею.

Коли зелена рослина росте, вона вловлює і запасає сонячну енергію. Харчуючись зеленим рослинами чи м'ясом тварин, які їдять зелені рослини, людина також залежить від Сонця, хоч і не так безпосередньо. Навіть автомобілі, які працюють на бензині, і теплоелектростанціях, а топках які спалюють кам'яне вугілля, споживають "викопну" сонячну енергію, тобто енергію, вловлену в процесі фотосинтезу організмами, що жили мільйони років тому.

Не будь зелених рослин, що виконують роль перетворювачів сонячної енергії, майже все життя на Землі припинилось би.

Виняток склали б хіба що деякі бактерії, що добувають необхідну їм енергію шляхом окислення якихось субстратів, наприклад, закису заліза. Однак і ці організми залежать від сонячної енергії при фіксації вуглецю, який необхідний їм для побудови власного тіла. Згідно оцінкам, в надрах Сонця речовина зникає з швидкістю 120 млн. т. за хвилину, і це супроводжується випромінюванням в космічний простір колосальної кількості енергії.

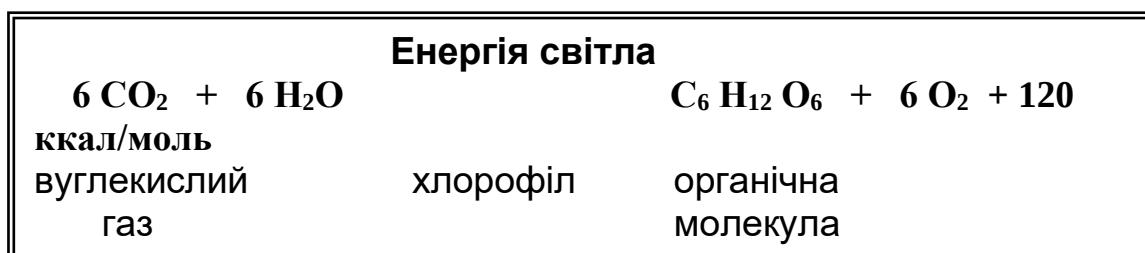
З усієї Сонячної радіації поверхні Землі щорічно досягає $5,5 \cdot 10^{23}$ кал., або 100000 кал/см² в рік. Приблизно 1/3 цієї кількості витрачається на випаровування води, так що на фотосинтез і деякі інші процеси залишається біля 67000 кал/см² рік. ,

Щорічно зеленими рослинами зав'язується в процесі фотосинтезу – у вигляді сахарів – 200 млрд. т. вуглецю з атмосферного вуглекислого газу СО₂, а це приблизно в 100 разів перевищує масу всього того, що за рік виробляє людство.

Життя існує на Землі приблизно 3,4 млрд. років, тобто значно довше тривалості життя багатьох зірок.

Основою безперервного життя є постійне джерело енергії. І саме фотосинтез забезпечив земному життю можливість існувати протягом часу, сумісного з тривалістю космічних процесів.

Процес фотосинтезу можна записати в наступному вигляді:



При переході від лівої частини цього рівняння до правої енергії сонячного випромінювання запасається в зв'язках органічних молекул. Таким чином

життя вирішило проблему накопичення і зберігання енергії, дозволивши деяким формам існування за рахунок енергії, накопиченої рослинами.

Якщо в рівнянні рухатися справа наліво, то це буде відповідати окисленню, або диханню, при якому енергія не запасається, а витрачається. При цьому енергія може проявлятися у формі тепла, роботи і навіть світла. Найбільш відомі приклади окислення – спалювання рослин, деревини, вугілля, нафти. В цих процесах вивільняється сонячна енергія, що запасена в процесі фотосинтезу.

Фотосинтез – єдиний біологічний процес, який відбувається із збільшення вільної енергії системи.

Енергетичні еквіваленти та енергомісткість сільськогосподарської продукції.

Енергія (від грецького „*energeia*” – дія, діяльність) – загальна кількісна міра руху і взаємодії всіх видів енергії. Енергія в природі не виникає з нічого і не зникає: вона тільки може переходити з однієї форми в іншу (закон збереження енергії).

Енергія системи "Машина Поле" включає в себе дві складові: енергія Сонця і антропологічну енергію (штучну, зв'язану з діяльністю людини).

Енергія Сонця завдяки процесу фотосинтезу накопичується і зберігається рослинами (гумус також являється акумулятором сонячної енергії, в гумусі чорнозему накопичується 20...30 тис. ккал/га). Максимально можливий *коефіцієнт корисної дії* (ККД) перетворення рослинами сонячної енергії досягає 30 %. Але в польових умовах він складає 0,8...1,5 %. Дослідження показують, що при правильній агротехніці ККД фотосинтезу можна підвищити до 5 % і більше. Але підвищення ККД фотосинтезу навіть до 5 % дало б можливість в умовах України підвищити врожайність зернових до 250...600 ц/га. Важливу роль в підвищенні ефективності процесу фотосинтезу може відіграти селекція.

Антропогенна енергія – це енергія, що витрачається на створення знарядь праці, а потім і на їх рушійний привод, на виконання механізованих технологічних операцій в полі (наприклад оранка), на виробництво мінеральних добрив (необхідність в яких виникає із різким скороченням залишкової біомаси на полях, яка розкладаючись, живила б ґрунт), виробництво пестицидів для захисту рослин від шкідників, хвороб та бур'янів, будівництво. Наприклад, на виробництво 1 кг. азоту (основний компонент азотних добрив) витрачається 86 МДж енергії. В сучасних умовах доля енергії Сонця, акумульованої в сільськогосподарській продукції, 80...85 %, решта – додаткова енергія викопного палива.

Найбільш енергомісткою галуззю сільського господарства є рослинництво. В цій галузі витрачається до 80 % всієї енергії сільськогосподарського виробництва. Для рослинництва характерним є процес інтенсифікації.

Інтенсифікація рослинництва – це підвищення ефективності використання енергії Сонця, родючості землі та інших природних ресурсів для накопичення максимуму біологічної енергії в органічній масі рослин.

Витрати енергії на виробництво окремих видів сільськогосподарської продукції складають (в перерахунку на нафту), кг:

20...44	на 1 т. зерна,
180...200	на 1 т. свинини,
400...600	на 1 т. м'яса птиці.

Як бачимо, через витрати енергії можливо охарактеризувати енергоємність сільськогосподарської продукції, а в загальному провести енергетичний аналіз ефективності застосування тієї або іншої технології (технологічної операції) виробництва сільськогосподарської культури.

Завдання енергетичного аналізу технології виробництва продукції заключається в розрахунках витрат енергії на кожній технологічній операції у відповідності з довідниковими енергетичними еквівалентами і об'ємами праці, а також витрат енергії використання машин і матеріалів по

технологічній карті на виробництво сільськогосподарської продукції на 1 гектар.

При приведенні енергетичного аналізу технології виробництва сільськогосподарської продукції користуються наступними поняттями та визначеннями:

- енергетичний еквівалент – витрати всіх видів енергії на одиницю використаних предметів та засобів праці;
- енергоємність технологічного процесу – сукупні витрати енергії, необхідні для здійснення технологічного процесу;
- прямі витрати енергії – витрати палива, електричної і теплової енергії безпосередньо в технологічному процесі;
- енергоємність сільськогосподарської продукції – кількість енергії, що містить в одиниці маси сільськогосподарської продукції.

В таблиці 1 наведені показники енергетичних еквівалентів, енергоємності та енергомісткості основних видів сільськогосподарської продукції.

Таблиця 1

Енергетичні еквіваленти витрат енергії та енергомісткість продукції

Показник	Енергетичний еквівалент
Енергетичний засіб, МДж/кг.	86,4
Сільськогосподарські машини, зчіпки, МДж/кг.	75,4
Електротехнічне обладнання, електродвигуни, МДж/кВт·год.	0,211
Паливо, МДж/кг:	
-дизельне;	52,8
-бензин;	54,5
-вугілля;	32,7
-природний газ;	49,5
-дрова.	19,7

Електроенергія, МДж/кВт·год.	12,0
Витрати живої праці на роботі, МДж/кг:	
- дуже легкій;	0,6
- легкій;	0,9
- середньої важкості;	1,26
- важкій;	1,86
- дуже важкій;	2,52
- з управлінням трактором;	1,26
- з управлінням комбайном;	0,9
- вантаженням матеріалів, допоміжній.	0,6
Будівлі, МДж/м ² :	
- виробничі;	5025
- побутові;	5662
Добрива, МДж/кг:	
- азотні;	61,6
- фосфорні;	10,9
- калійні;	6,7
- органічні.	0,42
Пестициди (олії, що змочуються; порошок, що змочується; гранули), МДж/кг:	
- інсектициди;	365,0; 253,2; 312,1
- гербіциди;	419,6; 263,6; 363,7
- фунгіциди.	272,6; 116,6; 216,7
Енергоемність продукції, МДж/кг:	
- кукурудзяне зерно;	7,4
- пшениця;	12,0
- коренеплоди;	10,0
- бульбоплоди.	10,6
Трактористи-машиністи, комбайнери, водії, 1 люд.-год, МДж	43,4

Ремонтні робітники, слюсарі-оператори, 1 люд.-год, МДж	41,8
Польові та інші робітники (ручна праця), 1 люд.-год, МДж	29,7
Енергомісткість продукції, МДж/кг:	
- кукурудзяне зерно;	19,3
- пшениця;	19,3
- коренеплоди;	17,6
- бульбоплоди.	19,1

2. Зміст роботи

Користуючись даними по енергетичних еквівалентах витрат енергії та енергоємності продукції таблиця 1 визначитись з оптимальними технологіями та режимами роботи сільськогосподарських агрегатів.

3. Порядок виконання роботи

Використовуючи дані по енергетичних еквівалентах витрат енергії (таблиця 1) і даними завдань згідно варіанту визначити:

1. Оптимальний спосіб висіву пшениці.

Таблиця 2

Завдання 1. Визначити оптимальний спосіб висіву пшениці

№ ВАРІАНТУ	Спосіб висіву	Норма висіву $Q, \frac{\text{кг}}{\text{га}}$	Норма внесення добрив (азотні) $N_A, \frac{\text{кг}}{\text{га}}$	Норма внесення добрив (фосфорні) $N_F, \frac{\text{кг}}{\text{га}}$	Норма внесення добрив (калійні) $N_K, \frac{\text{кг}}{\text{га}}$	Норма внесення добрив (органічні) $N_{\text{орг}}, \frac{\text{тон}}{\text{га}}$	Витрата палива $G, \frac{\text{кг}}{\text{га}}$	Врожай ність $U, \frac{\text{ц}}{\text{га}}$
1.	Звичайний рядковий	120	25	35	42	12	2,0	22
	Вузькорядний	150	30	39	45	24	3,0	28
	Перехресний	305	44	41	55	30	4,0	38

2.	Звичайний рядковий	160	26	36	85	10	2,2	25
	Вузькорядний	163	31	38	90	20	3,2	28
	Перехресний	210	45	42	99	30	4,2	50
3.	Звичайний рядковий	100	25	35	90	12	2,4	22
	Вузькорядний	120	31	38	91	23	3,4	25
	Перехресний	150	46	44	95	31	4,4	38
4.	Звичайний рядковий	170	44	45	88	10	2,6	25
	Вузькорядний	172	55	56	98	15	3,6	26
	Перехресний	270	66	67	100	30	4,6	39
5.	Звичайний рядковий	105	12	22	15	9	2,8	25
	Вузькорядний	200	23	44	33	10	3,8	30
	Перехресний	300	29	47	50	11	4,8	40
6.	Звичайний рядковий	150	70	50	63	10	2,9	30
	Вузькорядний	180	50	58	70	11	3,9	35
	Перехресний	280	60	60	83	12	4,9	45
7.	Звичайний рядковий	150	50	50	91	20	2,1	32
	Вузькорядний	160	47	89	99	23	3,1	33
	Перехресний	283	56	67	109	26	4,1	40
8.	Звичайний рядковий	185	13	25	99	13	2,3	32
	Вузькорядний	195	26	41	199	18	3,3	22
	Перехресний	310	31	57	299	29	4,3	39

9.	Звичайний рядковий	110	23	33	100	20	2,5	22
	Вузькорядний	205	128	104	200	21	3,5	30
	Перехресний	255	131	105	300	25	4,5	39
10.	Звичайний рядковий	166	80	120	113	33	2,0	23
	Вузькорядний	188	90	102	203	33	3,5	37
	Перехресний	318	100	107	207	51	4,0	46

1.1. Визначаємо затрати енергії на посів сільськогосподарської культури

$$E_{п.м} = e_{е.е.п.м} \cdot Q, \quad (4)$$

де $e_{е.е.п.м}$ – енергетичний еквівалент витрат енергії посівного матеріалу (енергоємність продукції), МДж/кг, (див. табл. 1);

Q – норма висіву, кг/га.

1.2. Визначаємо затрати енергії на мінеральні добрива

$$E_{д.м.} = E_{д.(азотні)} + E_{д.(фосфорні)} + E_{д.(калійні)}, \quad (5)$$

$$\text{- азотні;} \quad E_{д.(азотні)} = e_{д} \cdot N_{а}, \quad (6)$$

$$\text{- фосфорні;} \quad E_{д.(фосфорні)} = e_{д} \cdot N_{ф}, \quad (7)$$

$$\text{- калійні;} \quad E_{д.(калійні)} = e_{д} \cdot N_{к}, \quad (8)$$

де $e_{д}$ – енергетичний еквівалент витрат енергії добрив відповідно азотних, фосфорних, калійних, МДж/кг, (див. табл. 1); $N_{а}$, $N_{ф}$, $N_{к}$, – норма внесення відповідно азотних, фосфорних, калійних добрив, кг/га.

1.3. Визначаємо затрати енергії на органічні добрива

$$E_{д.орг.} = e_{д} \cdot N_{орг.}, \quad (9)$$

де $e_{д}$ – енергетичний еквівалент витрат енергії добрива (органічні), МДж/кг, (див. табл. 1); $N_{орг.}$ – норма внесення, кг/га (*переводимо з тон/га*).

1.4. Визначаємо затрати енергії на паливо

$$E_{\text{Пал}} = e_{\text{Пал}} \cdot G, \quad (10)$$

де $e_{\text{Пал}}$ – енергетичний еквівалент витрат енергії палива, МДж/кг, (див. табл. 1);

G – витрата палива, кг/га.

1.5. Визначаємо затрати енергії на фунгіциди (захист посіву озимої пшениці)

$$E_{\text{Ф}} = e_{\text{Ф}} \cdot (n_{\text{Ф(Капало)}} + n_{\text{Ф(Рекс)}}), \quad (11)$$

де $e_{\text{Ф}}$ – енергетичний еквівалент витрат фунгіцидів, МДж/кг, (див. табл. 1);

$n_{\text{Ф}}$ – витрата фунгіцидів Капало та Рекс Плюс, (Капало - 1,0..1,5 кг/га, Рекс Плюс 0,5..0,8 кг/га.).

1.6. Визначаємо затрати енергії на збирання сільськогосподарської культури

$$E_{\text{Збир}} = e_{\text{Е.Е.Прод}} \cdot U, \quad (12)$$

де $e_{\text{Е.Е.Прод}}$ – енергетичний еквівалент витрат енергії матеріалу (енергомісткість продукції), МДж/кг, (див. табл. 1);

U – врожайність культури, кг/га (*переводимо з ц/га*).

1.7. Визначаємо загальні затрати енергії на вирощування пшениці

$$E_{\text{ЗАГ}} = E_{\text{Збир}} + E_{\text{Д.М.}} + E_{\text{Д.ОРГ.}} + E_{\text{Пал}} + E_{\text{Ф}} + E_{\text{П.М.}} \quad (13)$$

1.8. Зробити висновок.

2. Економічні витрати на вирощування цукрового буряка від неякісного внесення добрив.

Таблиця 3

Завдання 2. Визначити економічні витрати на вирощування цукрового буряка від неякісного внесення добрив

№ варіанту	У р о ж а й н і с т ь ц у к р о в и х б у р я к і в U, ц/га	
	При дотриманні агровимог $U_{\text{Д.А.В}}$	З порушенням агровимог $U_{\text{П.А.В}}$
1.	650	425

2.	625	400
3.	600	375
4.	575	350
5.	550	325
6.	525	300
7.	500	275
8.	475	250
9.	450	225
10.	425	200

2.1. Визначаємо втрачену масу коренеплодів від неякісного внесення добрив

$$M_{B.K} = U_{D.A.B} - U_{П.A.B}, \quad (14)$$

де $U_{D.A.B}$ – врожайність з дотриманням агротехнічних вимог, ц/га;

$U_{П.A.B}$ – врожайність з порушенням агротехнічних вимог, ц/га.

2.2. Визначаємо енергію втраченої маси коренеплодів

$$E_{B.K} = e_{E.E.B.K} \cdot M_{B.K}, \quad (15)$$

де $e_{E.E.B.K}$ – енергетичний еквівалент витрат енергії (енергомісткість продукції), МДж/кг, (див. табл. 1);

$M_{B.K}$ – маса втрачених коренеплодів, кг/га (*переводимо з ц/га*).

2.3. Визначаємо енергію, витрачену на паливо (бензин)

$$E_{Пал} = e_{П} \cdot E_{B.K}, \quad (16)$$

де $e_{П}$ – енергетичний еквівалент палива (бензину), МДж/кг, ($e_{П} = 0,034$ МДж/кг).

2.4. Визначаємо втрати в грошовій формі при недотриманні агротехнічних вимог

$$B_{Г.Ф.} = E_{Пал} \cdot Ц_{ЛЛ}, \quad (17)$$

де $Ц_{ЛЛ}$ – ціна 1 літра палива (бензин), грн.

2.5. Зробити висновок.

3. Найбільш ефективну сушарку на обробітку зерна.

Таблиця 4

Завдання 3. *Визначити найбільш ефективну сушарку на обробітку 550 тон зерна в строк не більше 10 днів*

№ варіанту	Марка сушарки	Продуктивність, $W_{\text{Год.}}, \frac{т}{\text{год.}}$	Витрата мазуту, $B_{\text{м.}}, \frac{\text{кг}}{\text{год.}}$	Кількість обслуговуючого персоналу n , чол.
1.	СЗПБ – 2,5	2,5	40	1
	СЗПБ – 4	4,0	80	2
	СЗПБ – 8	8,0	150	3
2.	СЗПБ – 2,5	2,7	50	1
	СЗПБ – 4	4,2	90	2
	СЗПБ – 8	8,2	150	3
3.	СЗПБ – 2,5	2,8	55	1
	СЗПБ – 4	4,4	95	2
	СЗПБ – 8	8,2	155	3
4.	СЗПБ – 2,5	2,8	30	1
	СЗПБ – 4	4,3	40	2
	СЗПБ – 8	8,3	80	3
5.	СЗПБ – 2,5	2,4	35	1
	СЗПБ – 4	3,9	45	2
	СЗПБ – 8	7,9	85	3
6.	СЗПБ – 2,5	2,3	25	1
	СЗПБ – 4	4,0	55	2
	СЗПБ – 8	7,9	105	3
7.	СЗПБ – 2,5	2,5	30	1
	СЗПБ – 4	4,1	60	2
	СЗПБ – 8	8,1	120	3
8.	СЗПБ – 2,5	2,1	40	1

	СЗПБ – 4	4,1	60	2
	СЗПБ – 8	8,1	80	3
9.	СЗПБ – 2,5	2,2	22	1
	СЗПБ – 4	4,1	62	2
	СЗПБ – 8	8,1	102	3
10.	СЗПБ – 2,5	2,5	37	1
	СЗПБ – 4	3,8	57	2
	СЗПБ – 8	7,5	97	3

3.1. Визначаємо час роботи сушарки

$$T_p = \frac{H_{\text{обр}}}{W_{\text{год}}} \cdot T, \quad (18)$$

де $H_{\text{обр}}$ – норма обробітку, тон;

$W_{\text{год}}$ – годинна продуктивність, т/год

T – термін роботи сушарки, днів.

3.2. Визначаємо кількість змін роботи сушарки

$$N_{\text{з.р.с}} = \frac{T_p}{t_{\text{змін}}}, \quad (19)$$

де $t_{\text{змін}}$ – час зміни, годин, ($t_{\text{змін}} = 7$ годин).

3.3. Визначаємо кількість людино-днів на цей період

$$N = N_{\text{з.р.с}} \cdot n, \quad (20)$$

де n – кількість обслуговуючого персоналу, (вибираємо згідно завдання) чол.

3.4. Визначаємо кількість витраченого мазуту за час роботи сушарки

$$N_M = B_M \cdot T_p, \quad (21)$$

де B_M – витрати мазуту, кг/год.

3.5. Визначаємо енергетичні витрати мазуту

$$E_M = e_{\text{Е.Е.Маз.}} \cdot N_M, \quad (22)$$

де $e_{\text{Е.Е.Маз.}}$ – енергетичний еквівалент витрат енергії мазуту, МДж/кг, ($e_{\text{Е.Е.Маз.}} = 40$ МДж/кг);

3.6. Визначаємо затрати праці робітників

$$З_p = H_{\text{обр.}} \cdot n \cdot e_{\text{Е.Е.Ж.П.}}, \quad (23)$$

де $H_{\text{обр.}}$ – норма обробітку, кг.;

n – кількість обслуговуючого персоналу, чол.;

$e_{\text{Е.Е.Ж.П.}}$ – енергетичний еквівалент витрат енергії живої праці на роботі (робота легка), МДж/кг, (див. табл. 1).

3.7. Зробити висновок.

4. Обрати оптимальний варіант вирощування кукурудзи.

4.1. Визначаємо енергію витрачену на паливо (дизельне)

$$E_{\text{П}} = e_{\text{Е.Е.Пал}} \cdot G, \quad (24)$$

де $e_{\text{Е.Е.Пал}}$ – енергетичний еквівалент витрат енергії палива, (дизельне паливо) МДж/кг; (див. табл. 1)

G – витрата палива, кг/га.

4.2. Визначаємо енергію витрачену на пестициди

$$E_{\text{Г}} = e_{\text{Е.Е.Г}} \cdot B_{\text{Г}}, \quad (25)$$

де $e_{\text{Е.Е.Пал}}$ – енергетичний еквівалент витрат енергії пестицидів, (гербіцидів) МДж/кг; (див. табл. 1)

$B_{\text{Г}}$ – витрата гербіцидів, кг/га.

Таблиця 5

Завдання 4. Обрати оптимальний елемент технології вирощування кукурудзи

№ варіанту	Елемент технології	Витрата палива, $G, \frac{\text{кг}}{\text{га}}$	Витрата гербіцидів, $B_{\text{Г}}, \frac{\text{кг}}{\text{га}}$
1.	Звичайна оранка + культивуація + висів СУПН – 8	100	5,0
	Прямий посів	50	8,0
2.	Звичайна оранка + культивуація + висів СУПН – 8	80	3,0
	Прямий посів	40	5,0

3.	Звичайна оранка + культивуація + висів СУПН – 8	82	3,5
	Прямий посів	42	5,5
4.	Звичайна оранка + культивуація + висів СУПН – 8	105	4,0
	Прямий посів	55	5,0
5.	Звичайна оранка + культивуація + висів СУПН – 8	84	4,4
	Прямий посів	44	5,2
6.	Звичайна оранка + культивуація + висів СУПН – 8	88	4,4
	Прямий посів	48	5,4
7.	Звичайна оранка + культивуація + висів СУПН – 8	70	5,2
	Прямий посів	60	8,2
8.	Звичайна оранка + культивуація + висів СУПН – 8	75	5,4
	Прямий посів	65	8,4
9.	Звичайна оранка + культивуація + висів СУПН – 8	78	5,8
	Прямий посів	66	8,8
10.	Звичайна оранка + культивуація + висів СУПН – 8	99	6,1
	Прямий посів	69	9,1

4.3. Визначаємо загальну енергію витрачену при технології вирощування кукурудзи.

$$E = E_{\Pi} + E_{\Gamma}. \quad (26)$$

4.5. Зробити висновки.

4. Звіт

Навести стислий зміст роботи, формули, необхідні розрахунки по визначенню:

1. Оптимального способу висіву пшениці.
2. Економічні витрати на вирощування цукрового буряка від неякісного внесення добрив.
3. Найбільш ефективної сушарки по обробітку зерна.
4. Оптимального варіанту вирощування кукурудзи.

5. Контрольні запитання

1. Дати визначення поняттям енергетичного еквіваленту, енергоємності технологічного процесу, прямих витрат енергії, енергоємності сільськогосподарської продукції, енергомісткості сільськогосподарської продукції.

2. Як визначити оптимальний спосіб висіву пшениці, економічні витрати при вирощуванні цукрового буряка від неякісного внесення добрив, найбільш ефективну сушарку на обробку зерна, оптимальний елемент технології вирощування кукурудзи.

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА МАШИННО–ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ НА ВИКОНАННІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ

Мета роботи – оволодіти знаннями по енергетичній оцінці машинно-тракторного агрегату при виконанні різних технологічних операцій.

1. Теоретична частина

Суть енергетичної оцінки *машинно-тракторних агрегатів* (МТА) заключається в розрахунках витрат енергії на виконанні технологічної операції у відповідності з довідковими еквівалентами витрат енергії та енергомісткість сільськогосподарської продукції (див. табл. 1) і об'ємами праці, витратами енергії на виготовлення машин і матеріалів та їх використання по технологічній карті на виробництво сільськогосподарської продукції.

За критерій енергетичної оцінки МТА на виконанні певної технологічної операції приймаються *питомі енергетичні витрати* ε :

$$\varepsilon = \frac{E_{\text{ж}} + E_{\text{п}} + E_{\text{м}} + E_{\text{д}} + E_{\text{н}} + E_{\text{х}}}{W}, \quad (27)$$

де $E_{\text{ж}}$ – витрати енергії живої праці людей (тварин, якщо вони використовуються), МДж;

$E_{\text{п}}$ – прямі витрати енергії палива, МДж;

$E_{\text{м}}$ – витрати енергії на виготовлення, ремонт і ТО с.-г. техніки МДж;

$E_{\text{д}}$ – витрати енергії на виробництво добрив, МДж;

$E_{\text{н}}$ – витрати енергії на виробництво насіння, МДж;

$E_{\text{х}}$ – витрати енергії на виробництво пестицидів, МДж;

W – кількість виробленої продукції (га, ц, кг і т.п.)

При порівнянні ефективності роботи машинно-тракторних агрегатів різного складу на виконанні однакової операції використовують *коефіцієнт енергетичної ефективності* k :

$$k = \frac{\varepsilon_H}{\varepsilon_B}, \quad (28)$$

де ε_H – питомі енергетичні витрати по новому варіанту складання МТА;

ε_B – питомі енергетичні витрати по базовому варіанту складання МТА.

Коефіцієнт енергетичної ефективності є величиною безрозмірною, причому $k < 1$ при зниженні енерговитрат (порівняно з базовим варіантом) та $k > 1$ при збільшенні енерговитрат на виконанні однотипної технологічної операції.

2. Зміст роботи

Спираючись на вихідні дані приведені в таблиці 6 згідно заданого варіанту провести енергетичний аналіз машинно-тракторних агрегатів при виконанні різних операцій і визначити коефіцієнт енергетичної ефективності відносно базових варіантів МТА.

3. Порядок виконання роботи

3.1. Визначити *питомі енерговитрати живої праці* по призначеному та базовому варіантах складання МТА:

$$\varepsilon_{\text{ж}} = \frac{n \cdot e_{\text{ж}}}{W_{\text{год}}}, \quad (29)$$

де n – кількість робітників на виконанні технологічної операції, чол.;

$e_{\text{ж}}$ – енергетичний еквівалент витрат енергії живої праці на роботі (в залежності від управління трактора чи комбайна), МДж/люд.год. (див. табл. 1);

$W_{\text{год}}$ – годинна продуктивність агрегату, га/год.

3.2. Визначити *питомі прямі витрати енергії палива* по призначеному та базовому варіантах:

$$\varepsilon_{\text{п}} = e_{\text{п}} \cdot G_{\text{п}}, \quad (30)$$

де $e_{\text{п}}$ – енергетичний еквівалент витрат енергії палива, МДж/кг. (див. табл. 1);

G_{Π} – витрата палива, кг/га.

3.3. Визначити *питомі витрати енергії* на виготовлення, ремонт та експлуатацію трактора, культиватора та зчіпки по формулі:

$$\varepsilon_M = \left(\frac{e_E \cdot m_E}{T_E} + \frac{n \cdot e_M \cdot m_M}{T_M} + \frac{e_3 \cdot m_3}{T_3} \right) \cdot \frac{C}{100 \cdot W_{\text{Год.}}}, \quad (31)$$

де e_E, e_M, e_3 – енергетичний еквівалент витрат енергії відповідно енергетичного засобу (трактор, комбайн) чи сільськогосподарської машини, МДж/кг. (див. табл. 1);

C – відсоток амортизаційних відрахувань, $C = 30$;

n – кількість сільськогосподарських машин (сівалок, культиваторів, котків) в агрегаті, шт.;

m_E, m_M, m_3 – маса відповідно трактора та сільськогосподарської машини (зчіпки), кг;

T_E, T_3, T_M – річний наробіток, годин;

Трактор	T	Комбайн	T	Сівалка	T
ДТ–75М	1300	ККП–2С	120	John Deere 455	180
К–701	1300	John Deere 9500	130	KINZE 3000	170
МТЗ–2022(3022)	1450	Lexion 405	135	Клен 4,2	170
МТЗ–80	1450	Дон–1500Б	125	Клен 5,6С	170
Т–150–05	1470	СК–5М	120	СЗ–3,6А	150
ЮМЗ–6АКЛ	1450	Holmer Terra Dos	140	ССТ–12В	150
Massey Ferguson 4270	1800	КС–6Б–10	120	Зчіпка	T
BELARUS–1523В	1700	Жатка, хедер	T	СП–11А	140
John Deere 8400	1800	жатка Argus	170	СП–16А	150
Плуг	T	хедер Х–4,1	170	Розкидач добрив	T
ППО–8–40	300	хедер Х–6	170	МВД–900	200

John Deere 630	380	хедер Х– Lexion–405	170	МВУ–5А	200
John Deere 995	380	хедер Х– Lexion–480	170	Комбінований агрегат	Т
ПЛН–4–35	280	Культиватор	Т	АПБ–6,0А	450
ППО–4–40	300	КРН– 5,6Б	200	РВК–3	400
Борона	Т	УСМК–5,4Б	200	Обприскувач	Т
John Deere 630	145	Коток	Т	Hardi TY–LY 2400	145
БДТ–3,0	130	СКГ–2	106	ОПШ–2000	128
БДТ–7,0А	130				

3.4. Визначити сумарні питомі енерговитрати по заданому та базовому варіантах МТА:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{ж}} + \varepsilon_{\text{п}} + \varepsilon_{\text{м}}. \quad (32)$$

3.5. Визначити коефіцієнт енергетичної ефективності агрегату за формулою (28).

3.6. Зробити висновок.

Таблиця 6

Вихідні дані для виконання роботи

(вирощування озимої пшениці)

ВАРІАНТИ № 1, № 5, № 9, № 13.

Операція	Комплекс	Склад комплексу	Продуктивність $W_{\text{Год}}$ га / год	Витрати палива $G_{\text{п}}$ кг/га	Маса т, кг.
Дискування	Базовий	Трактор Т-150-05 + + борона БДТ-7,0А	4,61	3,57	7500 4560

	<i>Новий</i>	Трактор John Deere 8400 + + борона John Deere 630	6,76	2,81	9400 3500
Транспортування та внесення мінеральних добрив	<i>Базовий</i>	Трактор ЮМЗ-6АКЛ + + розкидач МВД-900	3,07	1,83	3500 320
	<i>Новий</i>	Трактор BELARUS-1523В+ + розкидач МВД-900	6,06	1,85	5700 320
Основний обробіток ґрунту (оранка)	<i>Базовий</i>	Трактор ДТ-75М + + плуг ПЛН-4-35	0,8	18,0	6440 710
	<i>Новий</i>	Трактор John Deere 8400 + + плуг John Deere 630	1,65	21,0	9400 2500
Посів культури	<i>Базовий</i>	Трактор Т-150-05 + + зчіпка СП-11А+ + сівалка СЗ-3,6А (3 штуки)	6,20	2,58	7500 1100 1450
	<i>Новий</i>	Трактор John Deere 8400 + + сівалка John Deere 455	7,23	2,70	9400 3200
Транспортування та внесення мінеральних добрив	<i>Базовий</i>	Трактор BELARUS-1523В + + розкидач МВУ-5А	8,89	1,85	5700 2100
	<i>Новий</i>	Трактор <u>Massey Ferguson</u> 4270 + розкидач МВУ-5А	9,08	1,35	4105 2100
Догляд за посівами	<i>Базовий</i>	Трактор ЮМЗ-6АКЛ + + обприскувач ОПШ-2000	10,52	0,85	3500 1500

	Новий	Трактор <u>Massey</u> <u>Ferguson</u> 4270 + обприскувач ОПШ-2000	12,41	0,70	4105 1500
Збирання прямим комбайнуванн ям	Базовий	Зернозбиральний комбайн СК-5М+хедер Х-4,1	1,16	12,49	7500 1400
	Новий	Зернозбиральний комбайн John Deere 9500+ +хедер Х-Lexion-480	2,01	7,90	10390 1450

(виращування цукрових буряків)

ВАРІАНТИ № 2, № 6, № 10, № 14.

Операція	Комплекс	Склад комплексу	Продуктивність $W_{\text{Год}}$, га / год	Витрати палива $G_{\text{п}}$, кг/га	Маса m , кг.
Транспортуван ня та внесення мінеральних добрих	Базовий	Трактор ЮМЗ-6АКЛ + + розкидач МВУ-5А	5,27	1,38	3500 2100
	Новий	Трактор BELARUS- 1523В + + розкидач МВД-900	2,47	2,25	5700 320
Основний обробіток грунту (оранка)	Базовий	Трактор МТЗ-2022 + + плуг ППО-4-40	0,96	20,80	3250 1600
	Новий	Трактор John Deere 8400 + + плуг John Deere 995	1,59	17,70	9400 2500

Передпосівна культивация	<i>Базовий</i>	Трактор МТЗ-80 + + культиватор УСМК- 5,4Б	2,25	3,40	3160 1350
	<i>Новий</i>	Трактор <u>Massey</u> <u>Ferguson</u> 4270 + культиватор УСМК-5,4Б	2,33	3,25	4105 1350
Посів культури	<i>Базовий</i>	Трактор МТЗ-80 + + сівалка ССТ-12В	1,97	3,19	3160 1120
	<i>Новий</i>	Трактор МТЗ-80 + + сівалка Клен 5,6С	2,68	2,69	3160 2000
Прикочування посівів	<i>Базовий</i>	Трактор МТЗ-80 + + зчіпка СП-11А + + коток СКГ-2 (2 штуки)	5,72	1,45	3160 1110 980
	<i>Новий</i>	Трактор John Deere 8400 + + зчіпка СП-16А + + коток СКГ-2 (3 штуки)	8,68	1,88	9400 2300 980
Міжрядний обробіток	<i>Базовий</i>	Трактор МТЗ-80 + + культиватор УСМК– 5,4Б	2,31	3,41	3160 1610
	<i>Новий</i>	Трактор <u>Massey</u> <u>Ferguson</u> 4270+ культиватор УСМК–5,4Б	2,21	2,90	4105 1610
Збирання коренеплодів	<i>Базовий</i>	Комбайн КС-6Б-10	1,10	12,86	9100
	<i>Новий</i>	Комбайн бурякозбиральний Holmer Terra Dos	2,5	22	25700

(виращування кукурудзи на зерно)

ВАРІАНТИ № 3, № 7, № 11, № 15.

Операція	Комплекс	Склад комплексу	Продуктивність $W_{\text{Год}}$, га / год	Витрати палива $G_{\text{П}}$, кг/га	Маса m, кг.
Дискування	Базовий	Трактор Т-150-05 + + борона БДТ-7,0А	4,61	3,40	7500 4560
	Новий	Трактор John Deere 8400 + + борона John Deere 630	6,76	2,70	9400 3500
Транспортування та внесення мінеральних добрив	Базовий	Трактор ЮМЗ-6АКЛ + + розкидач МВУ-5А	4,91	1,48	3500 2100
	Новий	Трактор BELARUS-1523В + + розкидач МВД-900	2,47	2,25	5700 320
Основний обробіток ґрунту (оранка)	Базовий	Трактор К-701 + + плуг ППО-8-40	1,86	22,45	13000 3000
	Новий	Трактор John Deere 8400 + + плуг John Deere 995	1,59	17,70	9400 2500
Передпосівний обробіток (культивация)	Базовий	Трактор Т-150К-05 + + комбінований агрегат АПБ-6,0А	3,66	4,69	7500 3600
	Новий	Трактор John Deere 8400 + + комбінований агрегат АПБ-6,0А	3,87	4,97	9400 3600
Посів культури	Базовий	Трактор МТЗ-80 + + сівалка Клен 4,2	2,04	3,70	3160 1453

(кукурудза на зерно)	Новий	Трактор BELARUS-1523B + + сівалка KINZE 3000	3,16	4,18	5700 2200
Міжрядний обробіток	Базовий	Трактор МТЗ-80 + + культиватор КРН- 5,6Б	3,38	2,92	3160 1050
	Новий	Трактор <u>Massey Ferguson</u> 4270+ культиватор КРН-5,6Б	3,52	2,55	4105 1050
Збирання кукурудзи на зерно	Базовий	Трактор МТЗ-80 + комбайн причіпний ККП-2С	0,8	4,02	3160 2000
	Новий	Зернозбиральний комбайн John Deere 9500+жатка Argus	3,2	5,30	10390 2200

(виращування ріпаку (озимого))

ВАРІАНТИ № 4, № 8, № 12, № 16.

Операція	Комплекс	Склад комплексу	Продуктивність $W_{\text{Год}}$ га / год	Витрати палива $G_{\text{П}}$ кг/га	Маса т, кг.
Дискування	Базовий	Трактор МТЗ-2022 + + борона БДТ-3,0	1,95	7,40	7200 2100
	Новий	Трактор John Deere 8400 + + борона John Deere 630	6,86	2,75	9400 3500
Транспортування та внесення	Базовий	Трактор ЮМЗ-6АКЛ + + розкидач МВУ-5А	6,24	1,21	3500 2100

мінеральних добрив	<i>Новий</i>	Трактор BELARUS-1523B + + розкидач МВД-900	3,08	1,83	5700 320
Основний обробіток ґрунту (оранка)	<i>Базовий</i>	Трактор МТЗ-3022 + + плуг ППО-8-40	1,86	22,21	10210 3000
	<i>Новий</i>	Трактор John Deere 8400 + + плуг John Deere 995	1,65	17,90	9400 2500
Передпосівна культивування	<i>Базовий</i>	Трактор BELARUS-1523B + комбінований агрегат РВК-3	1,86	6,60	5700 1850
	<i>Новий</i>	Трактор <u>Massey Ferguson</u> 4270 + комбінований агрегат РВК-3	1,89	4,38	3160 1850
Посів культури (ріпак)	<i>Базовий</i>	Трактор Т-150-05 + + зчіпка СП-11А+ + сівалка СЗ-3,6А (3 штуки)	6,35	2,66	7500 1100 1450
	<i>Новий</i>	Трактор <u>Massey Ferguson</u> 4270 + сівалка Клен 4,2	3,76	2,0	3160 2200
Внесення гербіцидів	<i>Базовий</i>	Трактор ЮМЗ-6АКЛ + + обприскувач ОПШ-2000	10,60	0,80	3500 1500

	<i>Новий</i>	Трактор ЮМЗ-6АКЛ + + обприскувач Hardi TY-LY 2400	7,02	1,09	3500 920
Збирання ріпаку	<i>Базовий</i>	Зернозбиральний комбайн Дон-1500Б + хедер Х-6	1,42	14,64	13110 2000
	<i>Новий</i>	Зернозбиральний комбайн Lexion 405 + хедер Х-Lexion-405	1,56	8,36	11000 900

4. Звіт

Навести стислий звіт роботи, формули і необхідні розрахунки енергетичної оцінці машинно-тракторних агрегатів згідно заданих варіантів.

5. Контрольні запитання

5.1. В чому полягає суть енергетичної оцінки машинно-тракторного агрегату.

5.2. Як визначити питомі енергетичні витрати машинно-тракторного агрегату.

5.3. Як визначити коефіцієнт енергетичної ефективності.

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

ОЦІНКА ЯКОСТІ РОБОТИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ МАШИНИ

Мета роботи — навчитися визначати рівень якості роботи сільськогосподарської машини.

1. Теоретична частина

Якість проведення механізованих технологічних операцій при виконанні польових робіт є одним з найважливіших показників всього технологічного процесу вирощування та збирання сільськогосподарської культури.

В цілому, якість технологічної операції (тобто якість роботи сільськогосподарської машини) визначається агротехнічними вимогами. Наприклад, по агротехнічним вимогам відхилення глибини обробітку ґрунту на передпосівній культивуації не повинна перевищувати $\pm 0,5$ см від заданої глибини обробітку.

Далі, при проведенні посіву цукрових буряків якість посіву визначають по трьох основних показниках: глибині заробки насіння, нормі висіву насіння і нормі внесення мінеральних добрив. (таблиця 7).

СІВБА. Сівбу слід проводити в оптимально ранні та стислі терміни, технологія має забезпечувати рівномірні глибини закладення насіння, розміщення його в досить ущільнене ложе, дотримання заданих інтервалів між насінням в рядку.

Строки сівби. Якщо врахувати, що насіння цукрового буряку для проростання потребує велику кількість води (140 – 160% від власної маси), а врожай коренеплодів прямо залежить від довжини вегетаційного періоду, то цілком очевидна цінність ранніх строків сівби.

Головним критерієм при визначенні початку сівби є настання фізичної стиглості ґрунту: температура 5 – 7°C на глибині 8 – 10 см. Запізнення з

сівбою на один день, порівняно з оптимальним строком, значно зменшує врожайність коренеплодів: один день запізнення з посівом в березні призводить до втрат на 0,2%, в квітні – на 0,6 %, в травні – на 1,2% . А затримка сівби на 10 днів в період кінець квітня – початок травня може привести до втрат 10 % врожаю.

Таблиця 7

Оцінка якості висіву насіння цукрових буряків

Показник	Норматив	Метод визначення
Відхилення заданої глибини заробки насіння	$\pm 0,5$ см	На протязі зміни два-три рази в п'яти місцях по діагоналі ділянки на 12 рядках лопаткою зняти ґрунт над насінням на відрізках рядка довжиною 20 – 30 см і заміряти лінійкою глибину розташування насінин.
Відхилення від заданої норми висіву насіння на 1 погонний м.	10 %	На протязі зміни два-три рази в трьох місцях по діагоналі ділянки на відрізках довжиною 1м кожного з 12 рядків підрахувати кількість висіяних насінин.
Відхилення від заданої дози внесення добрив.	До 4 %	На протязі зміни два – три рази заміряти засіяну площу і витрачену на неї кількість добрив.

Слід мати на увазі, що перенесення строків збирання на пізніший період восени не компенсує зазначених втрат. Тому орієнтація на пізніші строки сівби заради зменшення забур'яненості недоцільна, особливо при застосуванні гербіцидів. Раніше фермери уникали ранніх посівів через ризик холодних ночей і як наслідок – стеблуння цукрових буряків.

Сходи цукрових буряків переносять короточасне зниження температури до -5°C без значного пошкодження. Однак проростки, які тільки з'являються на поверхні ґрунту, гинуть при температурі -3°C .

Глибина сівби на високоокультурених полях за високоякісної підготовки ґрунту і достатнього забезпечення вологою глибина загортання насіння становить 2 – 3 см. В умовах нестійкого і недостатнього зволоження її збільшують до 3 – 4 см. Як згадувалось раніше, насіння буряків не має достатнього запасу поживних речовин, а тому розміщення насіння в ґрунт глибше 4 см призводить не тільки до затримки строків з'явлення сходів, але й часткової загибелі насіння. В результаті такі посіви, як правило, бувають строкатими та зрідженими.

Біологічні процеси проростання насіння потребують крім досить значної кількості води ще й тепло і кисень. Тому важливо, щоб насіння знайшло потрібний контакт з ущільненим ґрунтовим ложе і його природньою капілярною системою, що забезпечить доступ ґрунтової вологи. Ґрунтовий шар над насінням має бути рихлим, дрібно грудочкуватим і не дуже товстим (2 – 4 см.), що дозволить прогрівати ґрунт і забезпечити достатнє надходження до насіння кисню з повітря. За таких умов навіть у суху погоду забезпечується доступ до насіння ґрунтової вологи. Польова схожість насіння при цьому може сягати 90% і більше. Відхилення від рекомендованої глибини має бути не більше як на $\pm 0,5$ см.

Норму висіву встановлюють з врахуванням погодних і ґрунтових умов, окультуреності полів, посівних якостей насіння. Одноманітність посівів впливає на життєві умови вирощування буряків, а це, у свою чергу, обумовлює темпи їх росту, строки настання основних фаз розвитку і, відповідно, тривалість вегетаційного періоду та врожайність коренеплодів.

Як загущені, так і зріджені посіви різко знижують врожай. Коли визначають норму висіву насіння, то треба врахувати що різниця між польовою та лабораторною схожістю може становити 5-35%. Крім того, до змикання рядків можлива втрата 5 – 10% весняних сходів. Для одержання високої врожайності на 1 га необхідно перед збиранням мати 90 000 – 110000 рослин, або 4,5 – 5,5 рослин на 1 м рядка. Рослини мають рівномірно

розміщуватися в рядку, орієнтовно через 16 – 20 см. (ширина міжряддя 45 см.)

В таблиці 7 в останній колонці подана методика збору статистичної інформації по якості виконання технологічної операції висіву насіння цукрових буряків. Аналогічні методики збору статистичної інформації існують і по всіх інших механізованих технологічних операціях вирощування та збирання сільськогосподарських культур.

Таким чином, оцінка якості роботи сільськогосподарської машини може бути виконана по відхиленням $e(t)$ ординат величини вихідного процесу $y(t)$ сільськогосподарської машини (глибини обробітку ґрунту, глибини заробки насіння, витрат мінеральних добрив, кількості витрат зерна на збиранні зернових і т.п.) від заданого значення y_3 показника якості виконання технологічної операції:

$$e(t) = y_3 - y(t). \quad (33)$$

Величина $e(t)$ представляє собою помилку в роботі сільськогосподарської машини і називається *функцією втрат*.

Для кожної сільськогосподарської машини можна встановити область допустимих відхилень $/y(t)/_{дон.}$. Умовою якісного виконання технологічної операції буде знаходження вихідного процесу $y(t)$ сільськогосподарської машини в межах області допустимих відхилень:

$$y(t) \in /y(t)/_{дон.} \quad (34)$$

З виразів (33) і (34) видно, що для оцінки якості роботи сільськогосподарської машини необхідно мати інформацію про вихідний процес $y(t)$ і нормативні дані на допустимі відхилення від агротехнічних умов виконання технологічної операції. Ці допустимі відхилення для конкретної технологічної операції визначають певну зону (поле) Δ_y за межі якої вихід ординат вихідного процесу небажаний. Однак такі виходи процесу $y(t)$ завжди мають місце, так як сільськогосподарські машини функціонують в умовах стохастичних (непередбачених в часі і просторі) навантажень і збурень. Тому за показник якості роботи сільськогосподарської машини

приймають величину P , що характеризує тривалість знаходження реалізації вихідного процесу $y(t)$ сільськогосподарської машини в межах поля допуску Δ_y .

2. Зміст роботи

Показник, що характеризує якість роботи сільськогосподарської машини поданий статистичними даними у вигляді графіка рис. 1.

На рисунку 1 показані поля допуску $\pm \Delta_y$ на допустимі відхилення ординат реалізації $y(t)$ від заданого значення вихідного параметра y_z технологічної операції машини.

За час спостереження T реалізація $y(t)$ може n разів перетинати границі допусків $\pm \Delta_y$. Тривалість знаходження реалізації $y(t)$ за межами границь допусків $\pm \Delta_y$ визначається відрізками $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$, а в межах допусків – $\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_n$. Тоді фактична відносна тривалість P знаходження ординат реалізації $y(t)$ в межах допуску:

$$P = \frac{\sum_{j=1}^n \Theta_j}{T} . \quad (35)$$

де $j = 1, 2, \dots, n$.

Середня відносна тривалість викидів ε процесу $y(t)$ за межі допуску $\pm \Delta_y$ визначається:

$$\varepsilon = 1 - P. \quad (36)$$

Якщо розбити час спостереження T на m інтервалів Δt ($T = m \cdot \Delta t$), то по осцилограмі (рис. 3.1 (а)) можливо встановити число випадків m_p знаходження ординат реалізації $y(t)$ в межах поля допуску. Тоді

$$P = \frac{m_p}{m} . \quad (37)$$

З іншого боку, величину відносної тривалості P знаходження ординат реалізації в межах допуску можна визначити з одномірної щільності $f(y)$ (див. рис.1 (в)) розподілу ординат показника якості $y(t)$ з формули:

$$P = \int_{y_3 - \Delta y}^{y_3 + \Delta y} f(y) \cdot dy. \quad (38)$$

Враховуючи, що більшість навантажень та збурень, які діють на сільськогосподарську машину, мають випадковий характер і підкоряються нормальному закону розподілу, праву частину виразу (39) можна записати у вигляді:

$$P = \Phi(Z_2) - \Phi(Z_1), \quad (39)$$

де $\Phi(Z)$ – функція Лапласа (див. табл. 9), а

$$Z_1 = \frac{Y_3 - \Delta_y}{\sigma_y}; \quad Z_2 = \frac{Y_3 + \Delta_y}{\sigma_y}. \quad (40)$$

Після підстановки (39) в (40), перетворень і скорочень будемо мати:

$$P = 2 \cdot \Phi\left(\frac{\Delta_y}{\sigma_y}\right). \quad (41)$$

У вище наведених формулах σ_y є середньоквадратичним відхиленням реалізації якості роботи $y(t)$ сільськогосподарської машини, яке визначається з формули:

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (y_i - y_3)^2}{m}}, \quad (42)$$

де y_i – ординати функції $y(t)$, що заміряні в кожній точці інтервалів Δt .

Після визначення P , по формулі (36) визначають тривалість викидів ε показника якості $y(t)$ за межі $\pm \Delta_y$. Величина ε не повинна перевищувати припустиме значення ε_n (див. табл. 8). У протилежному випадку вважати якість роботи сільськогосподарської машини недостатньою.

3. Порядок виконання роботи

3.1. Записати вихідні дані (див. табл. 8) відповідно до заданого варіанту.

3.2. По вихідних даних побудувати графік реалізації (осцилограму) показника якості $y(t)$, провести горизонтальну лінію, що відповідає y_3 і від цієї лінії відкласти $\pm\Delta y$. Для всіх варіантів загальний час спостережень T обрати 40 с, а $\Delta t = 1$ с.

3.3. По формулі (42) визначити середньоквадратичне відхилення σ_y .

3.4. По формулі (41) і за допомогою таблиці 9 визначити тривалість P знаходження реалізації $y(t)$ в межах допуску.

3.5. З виразу (36) визначити середню відносну тривалість викидів ε з припустимим значенням ε_n .

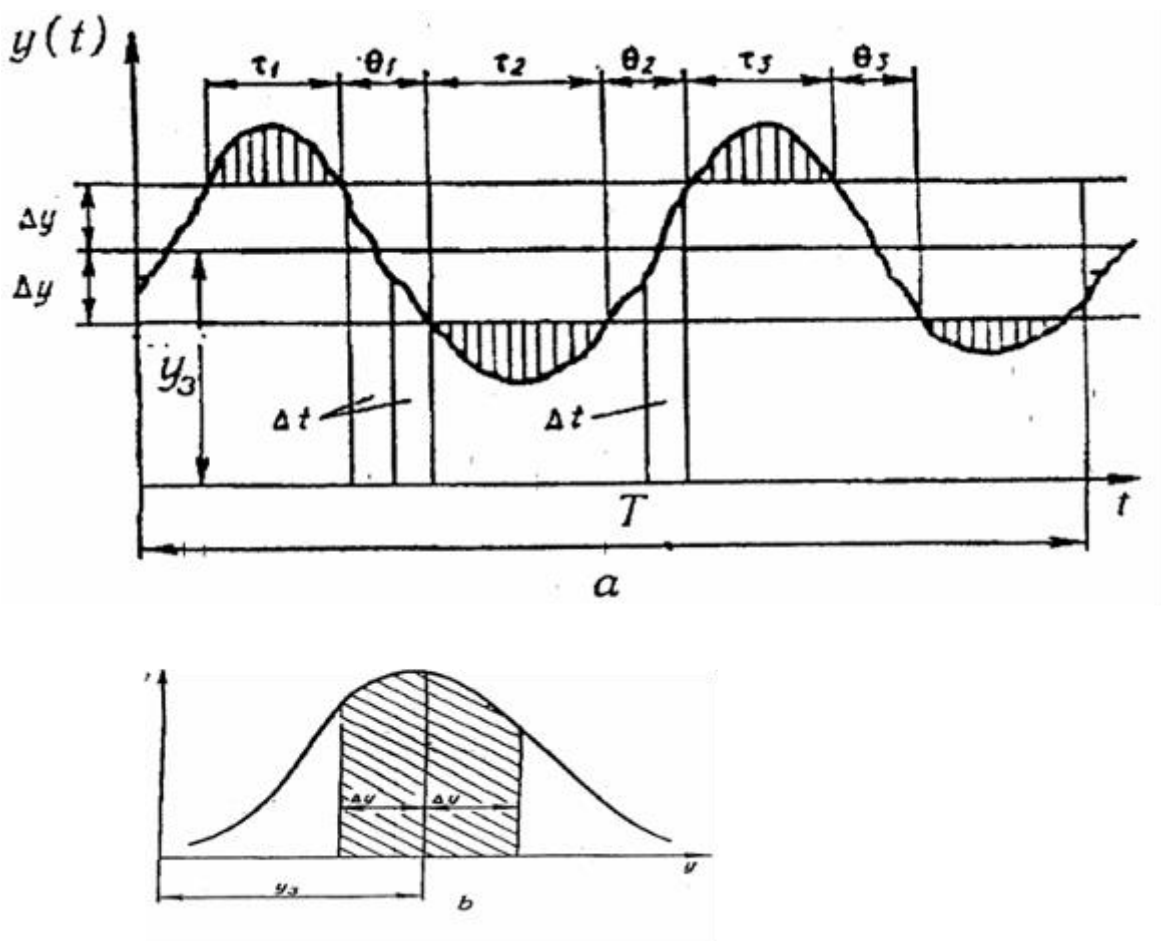


Рисунок 3.1 - Реалізація якості роботи $y(t)$ сільськогосподарської машини (а)
і одномірна щільність цієї реалізації (в)

Таблиця 8

Вихідні дані. Величини глибини $Y_{i(t)}$ заробки насіння сільськогосподарських культур сівалками

№ виміру	Величини $Y_{i(t)}$ по варіантам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	4,291	6,390	6,371	7,522	3,583	6,789	5,146	9,330	5,360	6,301	3,148	4,267
2.	3,706	6,315	5,877	8,593	3,759	6,812	4,998	8,762	5,258	5,527	3,225	4,241
3.	3,736	6,911	7,062	8,276	3,904	6,961	5,0651	8,542	5,054	5,538	3,771	4,131
4.	4,081	7,469	5,528	8,362	3,244	6,766	4,825	9,042	6,041	6,351	3,575	4,675
5.	3,986	6,572	5,900	8,007	3,391	6,874	4,298	9,442	5,493	5,843	3,495	4,217
6.	4,257	6,692	6,176	8,029	3,168	6,955	5,105	9,094	5,542	5,321	3,623	4,665
7.	4,353	6,847	6,446	7,965	3,796	6,577	5,140	8,759	5,144	6,916	3,106	4,246
8.	4,717	6,932	5,561	8,027	3,321	6,983	5,548	8,157	5,725	5,270	3,696	4,589
9.	3,834	6,897	5,831	7,417	4,196	6,916	4,808	9,329	5,365	6,397	3,384	4,863
10.	3,670	7,872	5,405	8,509	2,547	7,279	5,368	8,885	5,224	6,393	3,610	4,503
11.	3,253	7,311	6,719	7,404	3,547	7,014	5,471	9,185	5,740	6,102	3,613	4,113
12.	3,351	6,416	5,495	7,745	3,410	7,153	4,627	8,801	5,113	6,587	3,184	4,831
13.	3,679	7,635	6,215	7,533	3,228	6,593	4,875	8,672	5,793	5,603	2,746	4,641
14.	4,182	6,416	6,190	7,432	3,238	6,631	5,326	9,035	5,350	6,142	3,709	4,507
15.	3,495	6,815	5,973	8,398	3,111	7,325	5,187	9,192	5,624	6,544	3,709	4,686
16.	3,967	6,824	5,561	8,147	3,860	7,225	4,839	9,388	5,600	6,226	3,143	4,240
17.	4,026	6,978	5,895	8,407	3,046	6,907	5,326	8,637	5,556	5,792	3,222	4,727
18.	3,783	7,435	7,287	7,935	3,812	7,414	5,437	9,306	5,568	5,200	3,721	4,218
19.	3,875	6,491	6,533	7,922	4,442	7,251	5,240	7,674	5,447	6,250	3,622	4,367
20.	3,876	6,544	5,090	8,104	3,840	7,400	5,162	8,864	5,822	6,110	3,716	4,218
21.	3,563	7,206	6,420	7,556	3,318	7,581	5,135	8,463	5,433	5,975	3,451	4,428
22.	3,343	7,072	5,527	7,194	3,414	6,858	5,505	8,443	5,405	5,487	3,669	3,787
23.	3,961	8,047	6,059	8,453	3,903	6,918	4,861	9,090	5,749	5,692	3,361	4,310
24.	3,871	6,713	6,792	7,373	3,565	6,589	5,369	8,868	5,000	6,032	3,218	4,636
25.	3,536	6,859	6,112	8,273	3,570	7,055	5,338	8,576	5,711	7,350	3,692	4,652
26.	3,653	6,245	5,881	8,438	3,811	6,176	4,877	9,005	5,472	5,558	3,526	4,556
27.	4,461	7,257	6,537	7,948	3,268	7,119	5,058	9,409	5,696	6,147	3,711	4,554

28.	3,820	7,477	7,391	7,756	2,737	7,074	4,661	8,606	5,316	5,926	3,591	4,608
29.	3,805	6,436	6,716	8,028	3,400	7,237	5,098	9,548	5,683	5,575	3,547	4,262
30.	4,154	6,997	6,359	8,056	3,979	6,619	5,574	8,500	5,638	5,878	3,371	4,452
31.	3,270	6,715	5,732	7,685	3,163	6,963	4,963	8,923	5,379	6,793	3,657	4,577
32.	3,690	6,997	6,342	8,886	3,151	7,089	5,242	9,134	5,724	5,765	3,529	4,462
33.	3,476	7,447	5,346	7,670	2,916	7,338	5,128	9,430	5,386	6,334	3,724	4,527
34.	3,887	2,209	5,705	8,403	3,335	7,146	5,019	9,581	5,563	6,152	3,713	4,429
35.	3,926	6,998	5,565	7,230	3,426	6,948	5,314	8,495	5,354	6,072	3,658	4,374
36.	3,966	6,769	5,919	8,979	3,430	6,992	3,931	8,724	5,383	6,482	3,892	4,118
37.	2,871	6,169	6,376	8,265	3,366	7,271	4,831	8,148	5,560	5,738	3,689	4,594
38.	4,195	6,738	5,245	8,165	3,493	6,491	5,541	8,570	5,336	6,035	4,008	5,172
39.	3,729	7,437	6,129	8,128	3,138	7,201	4,671	8,768	5,422	7,053	3,724	4,091
40.	4,373	6,389	6,537	7,718	3,842	6,962	4,832	8,923	5,127	6,114	3,681	4,377
У ₃	3,84	6,92	6,10	8,00	3,47	6,99	5,07	8,88	5,48	6,06	3,53	4,45
± Δу	0,47	0,50	0,50	0,70	0,43	0,52	0,40	0,51	0,40	0,40	0,28	0,44
εП	0,25	0,25	0,20	0,15	0,2	0,1	0,25	0,25	0,1	0,18	0,15	0,2

Таблиця 9

Значення функції Лапласа

й	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,0000	0,0010	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0358
0,1	0,0398	0,0138	0,0173	0,0517	0,0557	0,0596	0,0636	0,0675	0,0714	0,0753
0,2	0,0793	0,0832	0,0871	0,0910	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3	0,1179	0,1217	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4	0,1554	0,1591	0,1628	0,1664	0,1700	0,1736	0,1772	0,1808	0,1844	0,1849
0,5	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2054	0,2088	0,2123	0,2157	0,2190	0,2224
0,6	0,2257	0,2291	0,2324	0,2357	0,2389	0,2422	0,2454	0,2486	0,2517	0,2549
0,7	0,2580	0,2611	0,2642	0,2673	0,2708	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2853
0,8	0,2881	0,2910	0,2939	0,2967	0,2995	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3113
0,9	0,3159	0,3186	0,3212	0,3238	0,3264	0,3289	0,03315	0,3340	0,3365	0,3389
1,0	0,3413	0,3438	0,3461	0,3485	0,3508	0,3531	0,3554	0,3577	0,3599	0,3621
1,1	0,3643	0,3665	0,3686	0,3708	0,3729	0,3749	0,3770	0,3790	0,3810	0,3830
1,2	0,3849	0,3869	0,3888	0,3907	0,3925	0,3944	0,3962	0,3980	0,3997	0,40147

1,3	0,40320	0,40490	0,40658	0,40824	0,40988	0,41149	0,41309	0,41466	0,41621	0,41774
1,4	0,41924	0,42073	0,42220	0,42364	0,42507	0,42647	0,42785	0,42922	0,43056	0,43189
1,5	0,43319	0,43448	0,43574	0,43699	0,43822	0,43943	0,44062	0,44170	0,44295	0,44408
1,6	0,44520	0,44630	0,44738	0,44845	0,44950	0,45053	0,45154	0,46254	0,45351	0,45449
1,7	0,45543	0,45637	0,45728	0,45818	0,45907	0,45094	0,46080	0,46164	0,46246	0,46327
1,8	0,46407	0,46485	0,46562	0,46638	0,46712	0,46784	0,46856	0,46926	0,46998	0,47062
1,9	0,47128	0,47193	0,47257	0,47320	0,47381	0,47441	0,47500	0,47558	0,47615	0,47670
2,0	0,47725	0,47778	0,47831	0,47882	0,47932	0,47982	0,48030	0,48077	0,48124	0,48169
2,1	0,48214	0,48257	0,48300	0,48341	0,48382	0,48422	0,48461	0,48500	0,48537	0,48574
2,2	0,48610	0,48645	0,48679	0,48713	0,48745	0,48778	0,48809	0,48840	0,48870	0,48899
2,3	0,48928	0,48956	0,48983	0,490097	0,490358	0,490613	0,490863	0,491106	0,491344	0,491576
2,4	0,491802	0,492024	0,492240	0,492451	0,492656	0,492857	0,493053	0,493244	0,493431	0,493613
2,5	0,493790	0,493963	0,494132	0,494297	0,494457	0,494614	0,494766	0,494915	0,495060	0,495201
2,6	0,495339	0,495473	0,495604	0,495731	0,495855	0,495975	0,496093	0,496207	0,496319	0,496427
2,7	0,496533	0,496636	0,496736	0,496833	0,496938	0,497020	0,497110	0,497197	0,497282	0,497365
2,8	0,497445	0,497523	0,497599	0,497673	0,497744	0,497814	0,497882	0,497948	0,498012	0,498074
2,9	0,498134	0,498193	0,498250	0,498305	0,498359	0,498411	0,498462	0,498511	0,498559	0,498605
3,0	0,498650	0,498694	0,498736	0,438777	0,498817	0,498856	0,498893	0,498930	0,498965	0,498999
3,1	0,49 ² 032	0,49 ² 064	0,49 ² 095	0,49 ² 126	0,49 ² 155	0,49 ² 183	0,49 ² 211	0,49 ² 237	0,49 ² 263	0,49 ² 288
3,2	0,49 ² 312	0,49 ² 336	0,49 ² 369	0,49 ² 381	0,49 ² 402	0,49 ² 423	0,49 ² 442	0,49 ² 462	0,49 ² 481	0,49 ² 499
3,3	0,49 ² 516	0,49 ² 533	0,49 ² 549	0,49 ² 565	0,49 ² 581	0,49 ² 596	0,49 ² 610	0,49 ² 624	0,49 ² 637	0,49 ² 650
3,4	0,49 ² 663	0,49 ² 675	0,49 ² 686	0,49 ² 698	0,49 ² 709	0,49 ² 719	0,49 ² 729	0,49 ² 739	0,49 ² 749	0,49 ² 758
3,5	0,49 ² 767	0,49 ² 533	0,49 ² 784	0,49 ² 792	0,49 ² 799	0,49 ² 807	0,49 ² 814	0,49 ² 821	0,49 ² 828	0,49 ² 834
3,6	0,49 ² 840	0,49 ² 846	0,49 ² 852	0,49 ² 858	0,49 ² 863	0,49 ² 868	0,49 ² 873	0,49 ² 878	0,49 ² 843	0,49 ² 887
3,7	0,49 ² 892	0,49 ² 896	0,49 ³ 003	0,49 ³ 042	0,49 ³ 079	0,49 ³ 115	0,49 ³ 150	0,49 ³ 183	0,49 ³ 215	0,49 ³ 246
3,8	0,49 ³ 276	0,49 ³ 305	0,49 ³ 332	0,49 ³ 359	0,49 ³ 384	0,49 ³ 409	0,49 ³ 433	0,49 ³ 455	0,49 ³ 477	0,49 ³ 498
3,9	0,49 ³ 519	0,49 ³ 358	0,49 ³ 557	0,49 ³ 575	0,49 ³ 592	0,49 ³ 609	0,49 ³ 629	0,49 ³ 640	0,49 ³ 655	0,49 ³ 669
4,0	0,49 ³ 683	0,49 ³ 696	0,49 ³ 709	0,49 ³ 721	0,49 ³ 732	0,49 ³ 743	0,49 ³ 754	0,49 ³ 764	0,49 ³ 774	0,49 ³ 784
4,1	0,49 ³ 793	0,49 ³ 802	0,49 ³ 810	0,49 ³ 818	0,49 ³ 826	0,49 ³ 833	0,49 ³ 840	0,49 ³ 847	0,49 ³ 854	0,49 ³ 860
4,2	0,49 ³ 866	0,49 ³ 872	0,49 ³ 877	0,49 ³ 883	0,49 ³ 888	0,49 ³ 893	0,49 ³ 897	0,49 ⁴ 022	0,49 ⁴ 065	0,49 ⁴ 106
4,3	0,49 ⁴ 146	0,49 ⁴ 183	0,49 ⁴ 219	0,49 ⁴ 254	0,49 ⁴ 287	0,49 ⁴ 319	0,49 ⁴ 349	0,49 ⁴ 378	0,49 ⁴ 406	0,49 ⁴ 433
4,4	0,49 ⁴ 458	0,49 ⁴ 483	0,49 ⁴ 506	0,49 ⁴ 528	0,49 ⁴ 550	0,49 ⁴ 570	0,49 ⁴ 590	0,49 ⁴ 608	0,49 ⁴ 626	0,49 ⁴ 643
4,5	0,49 ⁴ 660	0,49 ⁴ 675	0,49 ⁴ 690	0,49 ⁴ 705	0,49 ⁴ 718	0,49 ⁴ 731	0,49 ⁴ 744	0,49 ⁴ 756	0,49 ⁴ 767	0,49 ⁴ 778
4,6	0,49 ⁴ 788	0,49 ⁴ 798	0,49 ⁴ 808	0,49 ⁴ 817	0,49 ⁴ 826	0,49 ⁴ 834	0,49 ⁴ 841	0,49 ⁴ 849	0,49 ⁴ 856	0,49 ⁴ 863

4,7	0,49 ⁴ 869	0,49 ⁴ 876	0,49 ⁴ 882	0,49 ⁴ 887	0,49 ⁴ 893	0,49 ⁴ 898	0,49 ⁵ 032	0,49 ⁵ 078	0,49 ⁵ 123	0,49 ⁵ 166
4,8	0,49 ⁵ 206	0,49 ⁵ 245	0,49 ⁵ 282	0,49 ⁵ 317	0,49 ⁵ 350	0,49 ⁵ 382	0,49 ⁵ 413	0,49 ⁵ 442	0,49 ⁵ 469	0,49 ⁵ 495
4,9	0,49 ⁵ 520	0,49 ⁵ 544	0,49 ⁵ 567	0,49 ⁵ 588	0,49 ⁵ 609	0,49 ⁵ 628	0,49 ⁵ 647	0,49 ⁵ 665	0,49 ⁵ 682	0,49 ⁵ 698

ПРИМІТКА: Верхній індекс у цифри 9 показує, скільки разів вона з'являється в даному значенні.

4. Звіт

Навести стислий зміст роботи, формули і розрахунки по визначенню якості роботи сільськогосподарської машини.

5. Контрольні запитання

5.1. Яку інформацію необхідно мати для оцінки якості роботи сільськогосподарської машини.

5.2. Як визначити відносну тривалість знаходження ординат реалізації.

5.3. Як визначається функція втрат – велика помилка в роботі сільськогосподарської машини.

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ.

Мета роботи – навчитися визначати вологість ґрунту.

1. Теоретична частина.

Вологість у ґрунтознавстві визначається як кількість води, яка міститься в одиниці маси абсолютно сухого ґрунту.

Вологість ґрунту постійно змінюється, це показник динамічний. Тому її визначають кілька разів за період, встановлений для спостереження. Строки визначення вологості ґрунту пов'язують з фазами розвитку рослин або з строками виконання окремих агротехнічних заходів. Залежно від поставленої мети вологість визначають в орному та підорному шарах ґрунту або на всій глибині проникнення кореневої системи рослин.

Водний режим ґрунту – це сукупність процесів надходження вологи в ґрунт, їхня швидкість щодо переміщення, акумуляції, витрачання та зміни фізичного стану. Шляхи надходження вологи в ґрунт різні. Основним джерелом є атмосферні опади. Для різних зон України вони неоднакові. Так, у Степу за рік випадає 350–400 мм, Лісостепу – 400–500, на Поліссі та в західних областях – 500–600 мм

Гігроскопічна вологість ґрунту – це кількість води, яку адсорбує сухий ґрунт з атмосфери з відносною вологістю менше 100%.

Максимальна гігроскопічність ґрунту – це найбільша кількість вологи, яку повітряно-сухий ґрунт може увібрати з повітря, максимально насиченого водяною парою (96–100%).

Властивість ґрунту вміщувати максимальну кількість води у всіх проміжках (капілярних і некапілярних) називається повною вологоємністю.

Властивість ґрунту утримувати в собі максимальну кількість води після повного зволоження і вільного стікання гравітаційної води в нижні шари називають польовою або найменшою вологоємністю.

Капілярність ґрунту - це здатність ґрунту піднімати по капілярах воду з нижніх горизонтів у верхні.

Оптимальну вологість ґрунту називають фізичною спілістю ґрунту. Для кожного ґрунту навесні є оптимальна норма вологості, за якої він стає придатним для обробітки. Оптимальною відносною вологістю ґрунту для його обробітки є 60 – 70%, задовільною – 50 – 60%, надмірною – понад 80%, недостатньою – менше 50%.

За оптимальної вологості ґрунту забезпечуються найліпші результати оранки: відповідна якість, мінімальні витрати пального, найменше зношення робочих органів ґрунтообробних машин.

Маса одиниці об'єму абсолютно сухого ґрунту з непорушеною будовою називається об'ємною масою ґрунту або щільністю ґрунту. Вимірюється вона в г/см³. Але може чисельно відповідати також кілограмам абсолютно сухого ґрунту в 1 л або тоннам в 1м³.

Величина щільності ґрунту залежить від механічного складу, структури і будови ґрунту, від наявності органічної речовини та характеру рослинності. Вона динамічна в часі і просторі. Особливо мінлива щільність ґрунту у верхніх шарах ґрунту.

У землеробстві розрізняють оптимальну та рівноважну щільність ґрунту. При першій створюються найсприятливіші умови для розвитку рослин. Рівноважна характерна для даного виду ґрунту в природних умовах залежно від фази розвитку рослин.

Оптимальною щільністю для розвитку рослин вважають 1–1,3 г/см³, гірше розвиваються вони за щільності 1,5–1,8 г/см³, а вище цих показників створюються взагалі несприятливі умови для їхньої вегетації.

Для свого розвитку більш розпушений ґрунт потребують корене- і бульбоплідні культури, для яких оптимальна щільність має бути 1,0–1,3 г/см³, тоді як для гороху – 1,1–1,2 г/см³, кукурудзи – 0,9–1,2 г/см³, зернових колосових – 1,0–1,1 г/см³.

Вологість різноманітних сільськогосподарських матеріалів визначають для того, щоб:

- а) характеризувати умови роботи сільськогосподарських машин (вологість повітря, ґрунту, добрив, насіння тощо);
- б) контролювати технологічний процес, що виконується машиною (вологість теплоносія в сушарках, вологість ґрунту в шарах до та після проходу робочого органа машини, динаміку вологості сільськогосподарського матеріалу тощо);
- в) характеризувати умови розвитку сільськогосподарських рослин.

Вологість можна визначати прямим або непрямим способами. Прямі вимірювання вологості ґрунту проводять за допомогою спеціальних електричних приладів. Цей спосіб зручний, оскільки він не потребує багато часу. Однак часто залежно від внутрішньої структури матеріалу та його стану можуть траплятися помилки, тому до таких вимірювань слід вдаватися лише тоді, коли не потрібна висока точність.

Найбільш поширеним способом визначення вологості ґрунту є висушування проб в електросушильних шафах за температури 100 – 105 °С. Залежно від стану матеріалу та його фізико-механічних властивостей метод відбирання, розмір проби та наважка мають бути різними.

Якщо матеріал дуже сирий, то його спочатку підсушують у шафі за температури 50 – 60 °С.

Загальна тривалість висушування проб залежно від виду сільськогосподарського матеріалу та його вологості може становити 4 – 12 год. У разі прискореного сушіння насіння допускається його висушування при 105 °С упродовж 30 – 50 хв. з наступним подрібненням на лабораторному млині та досушуванням протягом 40 хв. при 130 °С.

Точність визначення вологості матеріалу в основному залежить від якості зважування та висушування.

У цій роботі визначають абсолютну та відносну вологість ґрунту.

Про вміст води у ґрунті судять за його абсолютною вологістю (W_A , %), яку визначають як відношення маси води до маси сухого ґрунту

$$W_A = \frac{m_B - m_C}{m_C} \cdot 100 \quad (43)$$

Відносну вологість ($W_{\text{Відн.}}$, %), або вологість матеріалу, віднесену до його ваги, визначають за формулою:

$$W_{\text{Відн.}} = \frac{m_B - m_C}{m_B} \cdot 100 \quad (44)$$

де m_B та m_C – маси відповідно вологого і сухого ґрунту, г.

Оптимальною відотною вологістю ґрунту для його обробітку є 60 – 70 %; задовільною – 50 – 60 %; надмірною – понад 80 %; недостатньою – менше 50 %.

Співвідношення між абсолютною (45) та відотною (46) вологістю виражається залежностями:

$$W_A = \frac{W_{\text{Відн.}} \cdot 100}{(100 - W_{\text{Відн.}})} \quad (45)$$

$$W_{\text{Відн.}} = \frac{W_A \cdot 100}{(100 + W_A)} \quad (46)$$

3. Зміст роботи

Визначити вологість ґрунту виконати математичну обробку результатів дослідів, написати звіт.

4. Обладнання, прилади, матеріали

Шафа сухоповітряна ШС-80 (рисунок 4.1) складається з наступних основних частин: корпусу 1, пульта управління 2, підставки 3. В корпусі шафи розташовані: робоча камера, в якій встановлені полиці для розміщення на них оброблюваних предметів, паровідвідна трубка, датчик і нагрівальні елементи, що служать для рівномірного нагріву повітря в робочій камері.

Двері корпусу, що закривають робочу камеру, мають теплоізоляцію. Пульт керує включенням і відключенням нагрівачів типу ТЕН в мережу. У ньому також розташовані мережеві запобіжники пульту управління.

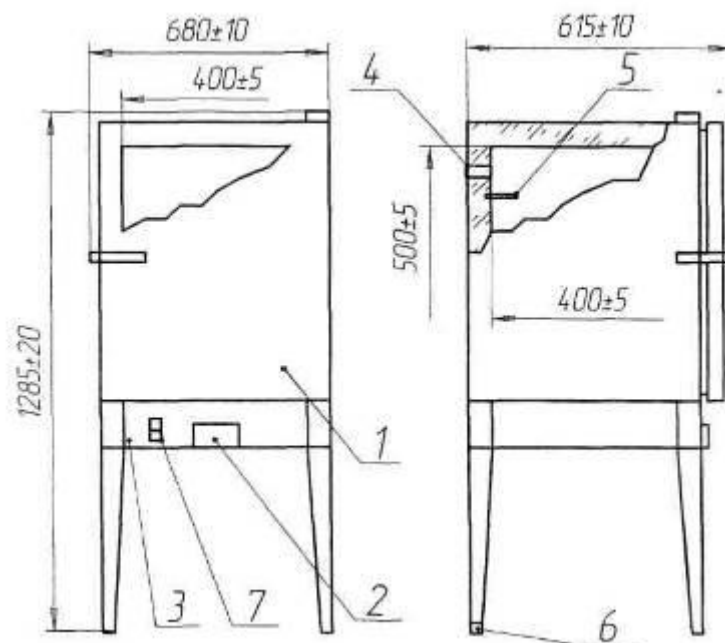


Рисунок 4.1 - Шафа сухоповітряна ШС-80:

1 – корпус; 2 – пульт (індикатор температури); 3 – підсвітка; 4 – отвір для відведення пару; 5 – датчик температури; 6 – опорний гвинт; 7 – вимикач.

Пульт управління (рисунок 4.2) служить для задання і підтримки теплових параметрів сушки за допомогою мікропроцесорного регулятора, а також зберігає встановлені оператором налаштування.

Передбачено три режими роботи пристрою:

1. Режим цифрової і символічної індикації заданої температури (Режим 1).

2. Режим поправки оператора або корегування показників температури на табло з температурою всередині робочої камери по контрольному термометру (Режим 2).

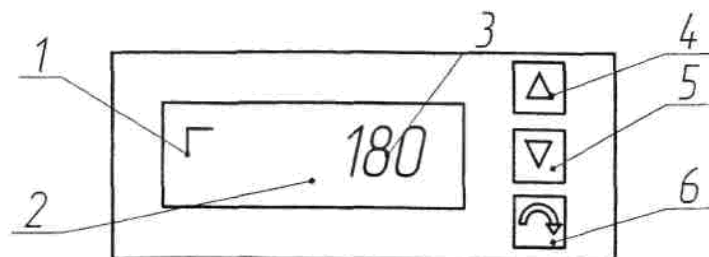


Рисунок 4.2 – Розташування органів керування та індикації на передній панелі пульта керування:

1 – індикатор значення регульованої змінної; 2 – індикатор стану виходу реле пульта керування (засвідчена точка визначає подачу напруги на ТЕН);

3 – індикатор заданої температури; 4 – кнопка "Збільшити";

5 – кнопка "Зменшити"; 6 – кнопка "Ввід"

3. Режим відображення поточної температури в робочій точці. У всіх режимах проходить безперервне автоматичне регулювання температури в контрольній точці зразу ж після включення шафи у мережу, яке переривається лише при виникненні нештатних ситуацій (Режим 3).

Символ, що вказує на стан поточної температури в камері

$\overline{\Gamma \ 180}$ - Поточна температура вище заданої.

$\overline{\sqcup \ 180}$ - Поточна температура нижче заданої.

$\overline{\sqcap \ 180}$ - Температура всередині камери, що лежить в межах заданої оператором.

Точка перед зазначеним розрядом заданої температури відображає стан нагрівача: миготлива, світлова точка означає, що ТЕН увімкнений.

Натисканням точок "▲" або "▼" можна змінювати значення заданої температури в діапазоні від 50°C до 200°C, з кроком 1 °C.

5. Порядок виконання роботи

5.1. З шарів 5, 10 та 15 см взяти в бюкси (рис. 4.3) проби ґрунту (повторити чотири рази).

5.2. Бюкси з пробами ґрунту зважити (рис. 4.4) з точністю до 0,01 г.



Рисунок 4.3 - Бюкси алюмінієві лабораторні



Рисунок 4.4 - Загальний вигляд електронних лабораторних ваг Radwag WLC 1/C/2

5.3. Бюкси з пробами ґрунту висушити в електричній сушильній шафі за температури 100 – 105 °C протягом 3 год. Після охолодження зважити з попередньою точністю.

5.4. Визначити абсолютну вологість ґрунту за формулою (43).

5.5. Визначити відносну вологість ґрунту за формулою (44).

5.6. Виконати математичну обробку результатів дослідів, визначити середнє арифметичне (1), середнє квадратичне відхилення (2) та коефіцієнт варіації (3).

5.7. Результати дослідів записати в табл. 4.1. та табл. 4.2.

Таблиця 4.1

Результати дослідів з визначення абсолютної вологості ґрунту.

Матеріал	Повторність дослідів	Номер бюкса	Маса ґрунту m , г		W_A , %	$\bar{W}_A$, %	σ , %	V , %
			вологого	після висушування				
Ґрунт	1		m_{B1}	m_{C1}				
	2		m_{B2}	m_{C2}				
	3		m_{B3}	m_{C3}				
	4		m_{B4}	m_{C4}				

Таблиця 4.2

Результати дослідів з визначення відносної вологості ґрунту.

Матеріал	Повторність дослідів	Номер бюкса	Маса ґрунту m , г		$W_{\text{відн}}$, %	$\bar{W}_{\text{відн}}$, %	σ , %	V , %
			вологого	після висушування				
Ґрунт	1		m_{B1}	m_{C1}				
	2		m_{B2}	m_{C2}				
	3		m_{B3}	m_{C3}				
	4		m_{B4}	m_{C4}				

6. Звіт

Навести стислий зміст роботи, формули і розрахунки, таблицю. Зробити висновки.

7. Контрольні запитання

- 7.1. Назвіть особливості висушування ґрунту.
- 7.2. За якою формулою визначають абсолютну вологість ґрунту?
- 7.3. За якою формулою визначають відносну вологість ґрунту?
- 7.4. Розповісти про будову сушильної шафи.
- 7.5. Наведіть послідовність визначення вологості ґрунту.

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5
ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТОВЩИНИ ЛЕЗА РОБОЧОГО ОРГАНУ
ГРУНТООБРОБНОЇ МАШИНИ НА ВЕЛИЧИНУ СИЛИ ОПОРУ
ГРУНТУ ПРИ РІЗАННІ

Мета роботи - експериментальним шляхом визначити вплив товщини леза ножа на величину сили опору ґрунту при різанні.

1. Теоретична частина

Різання лезом – одна з найбільш поширених технологічних операцій в сільському господарстві, особливо при роботі ґрунтообробних сільськогосподарських машин. Різання лежить в основі дії ножів, лемешів корпусів плугів, плоскорізальних лап і т.п.

Академік В.О. Желіговський лезом вважає частину ножа, яка руйнує ґрунт унаслідок його зминання, а фасками – ті його частини, які розсовують уже розрізаний ґрунт, по яких він ковзається. Отже, та частина ножа, де немає ковзання, належить до леза, а де спостерігається ковзання – до фасок.

При розгляді процесу різання необхідно виходити з того, що в процесі роботи лезо набуває форми закругленої поверхні (в поперечному перерізі – форми дуги d_e , рис. 5.1. б). Таким чином реальне працююче лезо має певну товщину, і гострота ножа буде визначатись не кутом заточки i (рис. 5.1. а), а товщиною леза δ .

Для визначення теоретичної товщини леза вважають, що до леза відноситься та частина ножа, яка руйнує матеріал, що розрізняється, внаслідок його зминання, а до фасок – ті його частини, які розсовують вже розрізаний матеріал і ковзають по ньому (рис. 5.1.б). При цьому товщина леза обмежується центральним кутом $2 \cdot \varphi$ (φ – кут тертя ґрунту по матеріалу ножа), і визначається хордою $d_e = \delta$. Як видно з рис. 5.1 б.

$$\delta = r \cdot \sin \varphi, \quad (38)$$

де r – радіус кривизни поверхні ножа.

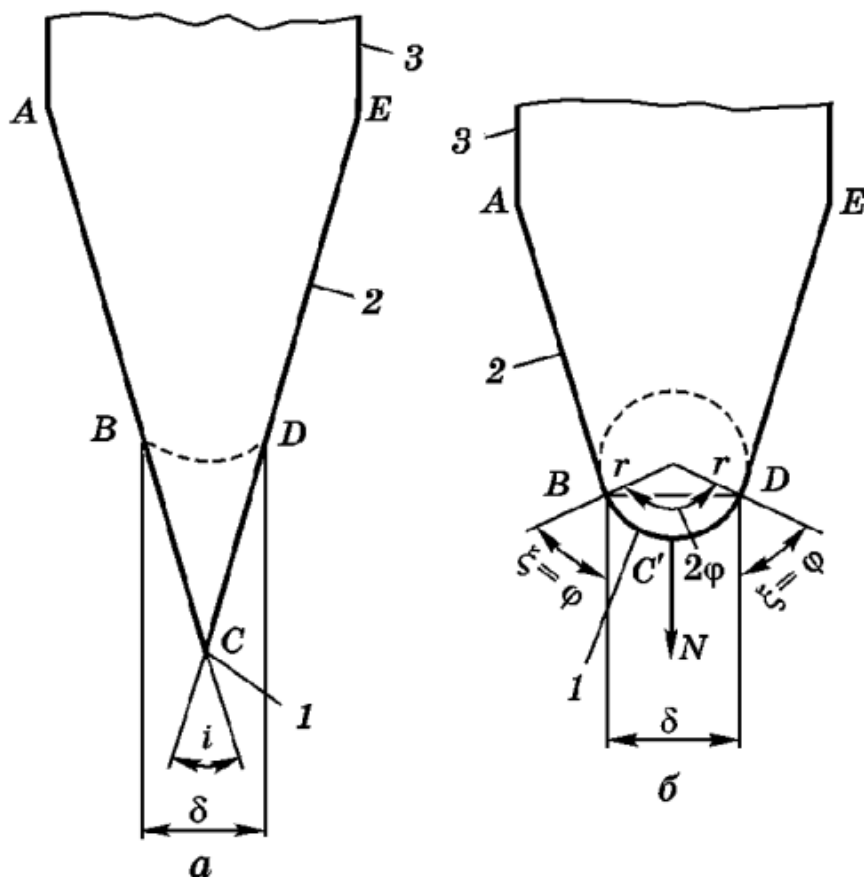


Рисунок 5.1 - Лезо
ножа:
а – із
гострозаточеним
лезом;
б – із робочим
лезом;
1 – лезо; 2 – фаска;
3 – остов.

Товщина леза має суттєвий вплив на величину опору матеріалу (наприклад, ґрунту) при різанні. Так, для виконання оранки леза лемешів плуга повинні мати товщину, не більшу 1 мм; при збільшенні товщини леза значно збільшується тяговий опір плуга. Наприклад, при збільшенні товщини леза з 0,5 мм до 3 мм тяговий опір збільшується на 60 %; відповідно зростають і енергетичні витрати на виконання цієї операції.

Розрізняють три режими різання ґрунту лезом залежно від кута ξ (рис. 5.2) між напрямком швидкості леза і нормаллю до його поверхні, а також коефіцієнта тертя ϕ матеріалу леза об ґрунт:

- рубуючи різання ($\xi = 0$);
- різання з поздовжнім переміщенням без ковзання ($0 < \xi < \phi$);
- різання із ковзанням ($\xi > \phi$).

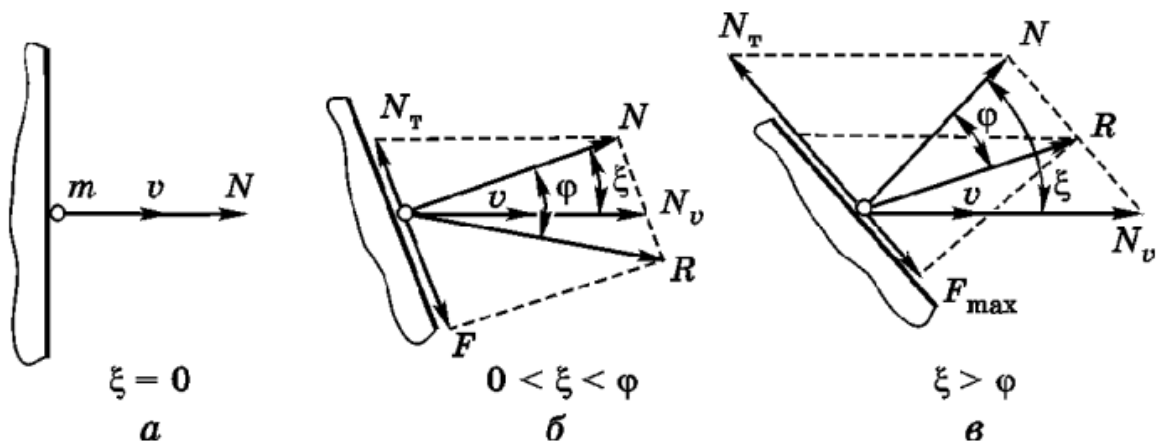


Рисунок 5.2 - Режими різання лезом:

а – рубаючи різання; б – різання з поздовжнім переміщенням без ковзання;
в – різання із ковзанням

Рубаюче різання (рис. 5.2, а) полягає в тому, що лезо тисне на часточку m ґрунту із силою N перпендикулярно до леза доти, доки він не зруйнується (розріжеться), тобто в ґрунті створюється напруга зминання, що дорівнює його границі міцності. Таке різання ґрунту відбувається в грейдерах, бульдозерах і скреперах. У ґрунтообробних машинах його застосовують обмежено.

Різання з поздовжнім переміщенням без ковзання (рис. 5.2, б). Силу N розкладемо на два напрямки – швидкості N_v і дотичний до леза N_T . Максимальне значення сили тертя $F_{\max} = N \tan \phi$, а сила $N_T = N \tan \xi$, тобто сила N_T менша від максимального значення сили тертя $F_{\max}$, оскільки $\tan \phi > \tan \xi$ із умови, що $\phi > \xi$. Це й забезпечує зрівноваження сили N_T . Унаслідок цього часточка ґрунту переміщуватиметься, не ковзаючи, по лезу під дією сили N_v у напрямку її дії доти, доки не буде зруйнований (розрізаний).

Різання із ковзанням (рис. 5.2, в). Як і у попередньому випадку, розкладемо силу N на два напрямки – швидкості N_v і дотичний до леза N_T . При цьому також максимальна сила тертя $F_{\max} = N \tan \phi$, а сила $N_T = N \tan \xi$, оскільки $\tan \xi > \tan \phi$, із умови, що кут $\xi > \phi$. Різницею між $N_T - F_{\max}$ буде та сила, яка зумовлює ковзання часточки ґрунту в напрямку леза. Тобто на

часточку ґрунту одночасно діятимуть сили $N_T - F_{\max}$ і N_v . Якщо ці сили скласти за правилом паралелограма, то отримаємо силу R , напрямлену під кутом ϕ до нормалі N . Сила R також є сумою сил N і $F_{\max}$. Часточка m ґрунту під дією сили R переміщуватиметься в напрямку дії сили R , ковзаючи по лезу, доти, доки не зруйнується (розріжеться).

Різання із ковзанням виконують за допомогою череслових ножів, полільних і універсальних лап тощо.

Коефіцієнт ковзання. Під час різання із ковзанням ковзання відбувається тоді, коли кут ξ дещо більший від кута ϕ аж до наближення до $\pi/2$, і залежить від кута ξ . Для характеристики впливу кута ξ на ковзання введено коефіцієнт ковзання ϵ (міра ковзання).

Величину сили опору ґрунту при різанні і вплив на неї товщини леза ножа можна визначити за допомогою переобладнаного твердоміра (рис. 5.3).

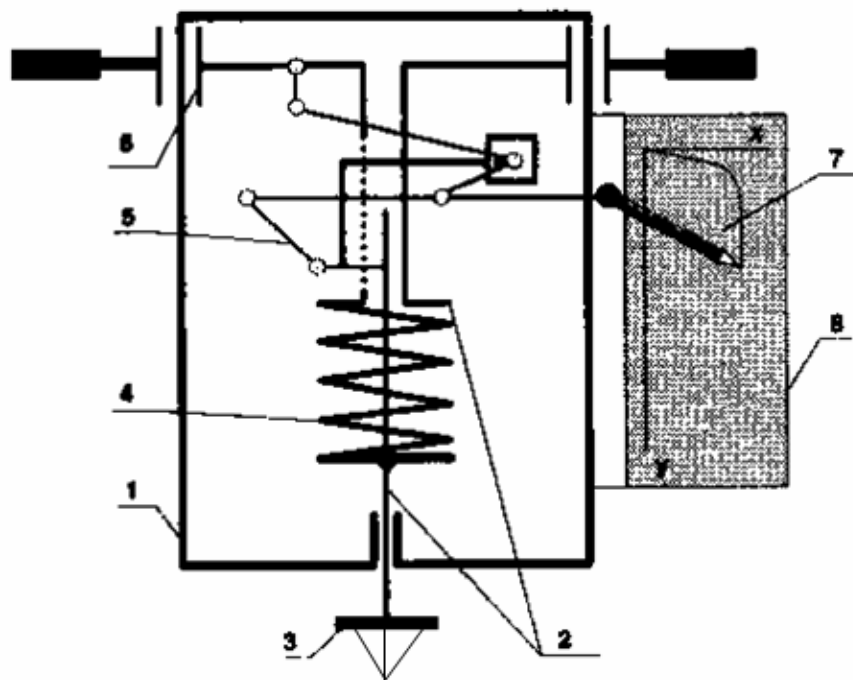


Рисунок 5.3 - Твердомір Ю. Ю. Ревякіна:

1 – дві напрямні штанги; 2 – телескопічна штанга; 3 – змінний наконечник (ніж); 4 – пружина; 5 – запикувальний пристрій; 6 – натискні тримачі; 7 – графік, 8 – планка для закріплення паперу

Твердомір (рис. 5.3) складається з двох напрямних телескопічних штанг 2 зі змінним наконечником-лезом 3, пружини 4, планки 8 для кріплення паперу, записувального пристрою 5 і натискних тримачів 6. Записувальний пристрій сполучений із пружиною 4. Робочою частиною твердоміра служать змінні ножі з різною довжиною леза, що вгвинчуються в нижній кінець штока, який з допомогою рукоятки через пружину вдавлюється в ґрунт. При проникненні ножа в ґрунт пружина стискається пропорційно величині сили опору ґрунту.

Для судження про характер зміни опору ґрунту твердомір обладнаний самопишучим пристроєм. Олівець самописця переміщується вздовж пластини з закріпленою паперовою стрічкою (вздовж нульової лінії на діаграмі) у відповідності з рухом ножа в ґрунті (лінійна деформація ґрунту по глибині) і уперек пластини у відповідності із стисканням пружини в залежності від зміни сили опору ґрунту при переміщенні в ньому ножа.

Визначення сили опору ґрунту різанню виконується наступним чином. До пластини твердоміра кріпиться паперова стрічка, в тримач установлюється олівець. На діаграмі накреслюється нульова лінія (шляхом висунання штоку відносно стояка самописця). Твердомір ставиться опорою на ґрунт в строго вертикальному положенні.

2. Зміст роботи

Записати за допомогою твердоміра діаграми величини опору ґрунту при різанні при різній товщині леза ножа, обробити отримані діаграми, виконати математичну обробку результатів дослідів, написати звіт.

3. Обладнання, прилади, матеріали

Твердомір, штангенциркуль, досліджуваний ґрунт, міліметровий папір, лінійка.

4. Порядок виконання роботи

4.1. Підготувати ґрунтову площадку з однорідними властивостями ґрунту по площині 2 м^2 і глибині (20...25 см).

4.2. Встановити на шток твердоміра ніж з товщиною леза 2,0 мм (нормально загострене).

4.3. На планці закріпити паперову стрічку і накреслити нульову лінію діаграми.

4.4. Вдавлюючи ніж в ґрунт (до 15 см), одержати запис діаграми сили опору ґрунту різанню. Виконати дослід з трьохкратною повторністю.

4.5. Послідовно встановити на шток твердоміра ножі з товщиною леза 2, 4, 6, 8, 10 та 12 мм (затуплені) і кожного разу повторити дії по п.п. 4.1, 4.3, 4.4.

Таблиця 10

Результати виміру та розрахунку

Товщина леза ножа, мм	h , мм діаграм			Середнє арифметичне відхилення M , мм	Середнє квадратичне відхилення σ , мм	Коефіцієнт варіації V , %	Сила опору P , Н
	повторності						
	1	2	3				
2,0							
4,0							
6,0							
8,0							
10,0							
12,0							

4.6. Результати замірів занести в таблицю, визначивши середню арифметичну величину за формулою (1); середнє квадратичне відхилення за формулою (2); коефіцієнт варіації за формулою (3).

4.7. Визначити величину сили опору ґрунту.

4.8. Побудувати графік залежності величини сили опору ґрунту при різанні від товщини леза ножа.

5. Звіт

Навести стислий зміст роботи, виконати розрахунки, заповнити таблицю, побудувати графік. Зробити висновки.

6. Контрольні запитання

6.1. Як виконуються дослідження визначення сили деформації ґрунту від товщини леза ножа.

6.2. Як змінюються залежності сили від товщини леза ножа.

6.3. Що таке робота різання лезом?

6.4. Що таке лезо?

6.5. Які ви знаєте режими різання лезом?

6.6. Що таке коефіцієнт ковзання?

6.7. Що таке питома робота різання?

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

ВИЗНАЧЕННЯ УЩІЛЬНЮЮЧОЇ ДІЇ ХОДОВИХ СИСТЕМ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ НА ҐРУНТ

Мета роботи – дослідити вплив різних ходових систем і кількості проходів систем на ущільнення ґрунту.

1. Теоретична частина

Однією з головних вимог до сільськогосподарської техніки є підвищення ефективності її роботи. Але при цьому відбувається ускладнення машин, розширення їх функціональних можливостей, що пов'язане із збільшенням кількості їх вузлів і маси. Це викликає підвищення механічної дії ходових систем на ґрунт, що в свою чергу веде до збільшення щільності ґрунту (для більшості культурних рослин оптимальною є щільність ґрунту $1,1...1,3 \text{ г/см}^3$) і інших негативних наслідків (руйнування структури), які знижують родючість ґрунту і врожайність сільськогосподарських культур.

В процесі обробки ґрунту, сівби, догляду за рослинами, збирання врожаю, різні машини проходять по полю 5...15 разів, сумарна площа слідів рушіїв цих машин в 2 рази перевищує площу польової ділянки, 10...12 % площі піддається дії ходових систем МТА 6...20 разів, 65...80 % – від 1 до 6 разів, 10...15 % не піддається їх дії. При цьому глибина ущільнення ґрунту досягає 0,3...0,6 м і більше, і найбільш сильно ущільнюється верхній родючий шар.

По даним дослідження опір обробці ґрунту по сліду гусеничних тракторів збільшується на 25 %, по сліду коліс – на 40 %, по сліду важких автомобілів – на 65 % порівняно з опором обробці неущільнених ділянок.

Оцінюючи дію ходових систем сільськогосподарських машин на ґрунт в цілому, необхідно враховувати масу машини (навантаження на вісь опорно-ходових коліс), кількість проходів по поверхні ґрунту, буксування рушіїв,

конструктивні особливості ходових систем (тиск в пневматичних шинах, конструкція гусеничного рушія).

Найкращим шляхом для запобігання ущільненню ґрунту є:

- недопущення роботи техніки по вологому ґрунту;
- розширення площі контакту коліс із ґрунтом (шини зі зменшеним тиском, більшого діаметра і ширини; подвійні колеса);
- дотримання сівоzmіни (чергування культур з мочкуватою та стрижневою кореновими системами);
- частіше використання покривних культур (із глибокою кореневою системою);
- контрольований рух техніки.

Наслідки переущільнення:

Порушення структури ґрунту з руйнуванням ґрунтових пор, збільшенням твердості та щільності орного шару, а також наступним брилуванням. Це значно підвищує витрати на проведення обробітку.

Порушення циркуляції води та повітря всередині ґрунтових шарів.

Порушення терморегуляції ґрунту. Дослідним шляхом було встановлено, що переущільнений ґрунт швидше й сильніше прогрівається, а також швидше охолоджується. Коливання температур протягом доби будуть більш значними та різкими, що негативно впливає на рослини.

Порушується процес випаровування вологи. Рух вологи в нижні шари ґрунту обмежується, через що вона накопичується у верхньому шарі та може спричинити кисневе голодування коренів рослин. Окрім того, порушення вологообміну може стати причиною утворення на полях так званих «блюдець».

Відбувається пригнічення та порушення росту коренів рослин, тому коренева система здебільшого формується неправильно та часто є недорозвиненою. Кількість великих пор у такому ґрунті зменшується, через що корені рослин не мають змоги рости вільно й без опору з боку ґрунтового шару.

Щоб попередити ущільнення ґрунту, а також для того, щоб поліпшити структуру на вже ущільнених полях, необхідно вживати таких заходів:

Не порушувати сівозміни, дотримуватись оптимального планування ротації культур на полі. Найкраще, коли сівозміни плануються наперед хоча б за 2—3 роки, тоді агроном має змогу краще контролювати стан ґрунтів і добирати культури як з урахуванням кращих попередників, так і з урахуванням впливу кожної конкретної культури на структуру ріллі.

Проводити вапнування за необхідності. Подбати про дренаж на тих полях, які цього потребують.

Застосовувати покривні культури, мульчування рослинними рештками, сидерацію. Це зокрема сприяє і покращенню структури ґрунтів. По можливості слід ввести у сівозміни такі культури, як гречка, еспарцет, люпин, котрі добре структурують ґрунт.

Звернути увагу на обробіток ґрунту, який виконується у господарстві. Обробіток вологого ґрунту становить найбільшу небезпеку, спричиняючи досить значне переущільнення. Тому без нагальної потреби не варто виводити техніку на вологе поле.

Запровадити маршрутизацію руху техніки полем, щоби скоротити кількість проходів та забезпечити рух одними й тими ж слідами.

Здвоювати або потовщувати колеса тракторів, а за можливості — взагалі відмовитися від колісних тракторів, особливо на фізично недостиглих ґрунтах.

Застосовувати комбіновані та широкозахватні агрегати, комбінувати технологічні операції, щоб зменшити кількість проходів техніки.

Періодично перевіряти щільність ґрунтів за допомогою пенетрометра — пристрою, який дає змогу оцінити щільність на глибині до 60 см.

Якщо ущільнення на полі вже спостерігається, може допомогти глибоке рихлення (чизелювання) на глибину 50—70 см. Післядія такої операції спостерігається протягом 2—3 років. Оранка з наступним механічним обробітком у такому випадку будуть неефективними, оскільки

вони хоч і зменшують об'ємну масу ґрунту, проте призводять до його інтенсивного брилування. Це, у свою чергу, створює додаткові витрати на обробіток.

Там, де це можливо, рекомендовано застосовувати сівалки прямого висіву, це дозволяє суттєво зменшити навантаження на ґрунти.

Для оцінки впливу кількості проходів і навантаження на вісь опорно-ходового колеса на ущільнення ґрунту використовується метод, що базується на визначенні опору ґрунту входженню в нього плунжера. Для визначення цього опору використовується спеціальний ударник (рис. 6.1).

Ударник має рухомий вантаж 3 з плунжером 5, який може рухатись вздовж направляючих стояків 2 і утримується в верхньому положенні тримачем 4. Визначення опору ґрунту входженню в нього плунжера виконується таким чином. Ударник опорою 1 ставиться на поверхню ґрунту в вертикальному положенні.

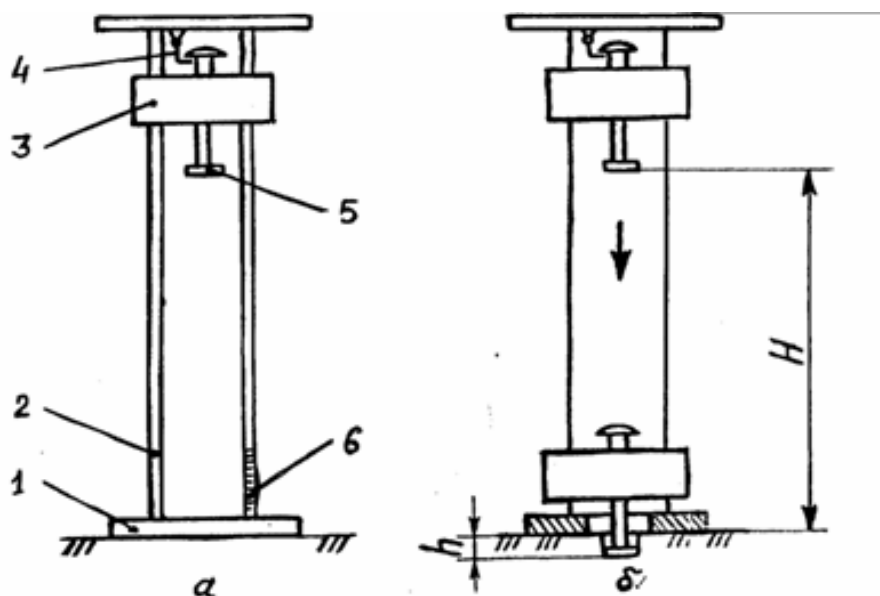


Рисунок 6.1 – Ударник: *а* – загальний вигляд; *б* – схема дії;

1 – опора; 2 – стояк; 3 – рухомий вантаж; 4 – тримач; 5 – плунжер; 6 – шкала лінійки

Тримач 4 відводиться вбік і вантаж 3 з плунжером 5 вільно падає вниз. Потенціальна енергія W_{Π} (Дж) вантажу витрачається на заглиблення плунжера в ґрунт на глибину h .

$$W_{\Pi} = G \cdot h = m \cdot g \cdot H, \quad (42)$$

де G – гравітаційна маса, Н;

m – маса вантажу, кг;

H – висота на яку піднятий вантаж, м;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Визначаємо площу плунжера S (см²)

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (42)$$

де d – діаметр наконечника плунжера, $d = 3$ см.

Внаслідок падіння вантажу його потенційна енергія спочатку перетворюється у кінетичну, а кінетична енергія витрачається на виконання роботи по передоланню сили опору $A_{оп}$.

Запишемо закон збереження енергії для даного випадку.

$$W_{K1} + W_{\Pi1} = W_{K2} + A_{оп}, \quad (42)$$

або $0 + m \cdot g \cdot H = A_{оп}$.

Роботу сили опору знайдемо за формулою $A_{оп} = F_{оп} \cdot h_1$.

$$m \cdot g \cdot H = F_{оп} \cdot h_1. \quad (42)$$

Виведемо формулу для обчислення сили опору:

$$F_{оп} = m \cdot g \cdot H : h_1. \quad (42)$$

Перевіримо одиниці виміру $F_{оп} = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м} : \text{м} = \text{Н} \cdot \text{м} : \text{м} = \text{Н}$.

При відомій площі плунжера S опір ґрунту входженню в нього плунжера буде складати:

$$Q = \frac{F_{оп}}{S} \quad (42)$$

2. Зміст роботи

Визначити ущільнюючу дію на ґрунт ходових систем тракторів класу 0,6; 1,4 і 3,0 виконати математичну обробку результатів досліджень, написати звіт.

3. Обладнання, прилади, матеріали

1. Ґрунтова площадка з однаковими властивостями ґрунту.
2. Ударник визначення щільності ґрунту.
3. Штангенциркуль.
4. Трактори класу 0,6; 1,4; 3,0.

4. Порядок виконання роботи

4.1. Підготувати ґрунтову площадку з однорідними властивостями ґрунту по площині і глибині (20...25 см).

4.2. Утворити на поверхні ґрунту колію довжиною 150...200 см за три проходи рушіїв тракторів класу 0,6; 1,4; 3,0. (рис. 6.2).

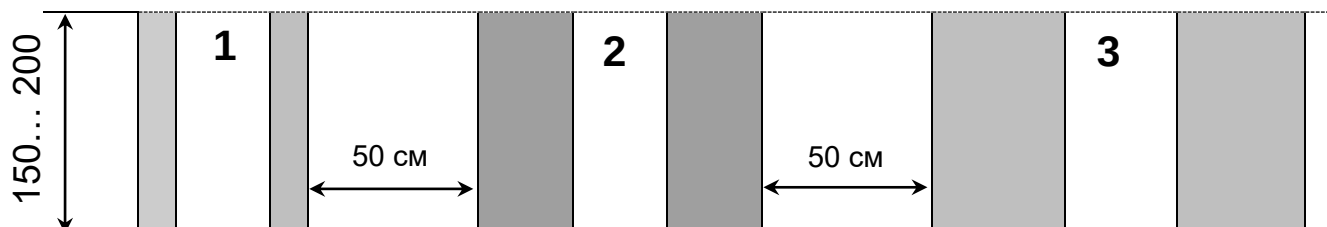


Рисунок 6.2 - Схеми дослідів

1. Слід колії трактора класу 0,6;
2. Слід колії трактора класу 1,4;
3. Слід колії трактора класу 3,0.

4.3. Утворити на поверхні підготовленого ґрунту колію довжиною 150...200 см за один прохід рушіїв тракторів класу 0,6; 1,4; 3,0.

4.4. Утворити на поверхні ґрунту колію довжиною 150...200 см за два проходи рушіїв тракторів класу 0,6; 1,4; 3.

4.5. Утворити на поверхні ґрунту колію довжиною 150...200 см за три проходи рушіїв тракторів класу 0,6; 1,4; 3.

4.6. Послідовно, починаючи з колії 1 визначити щільність ґрунту, шляхи вимірів глибини входження плунжера ударника в ґрунт відповідно до схеми на рис. 6.3.

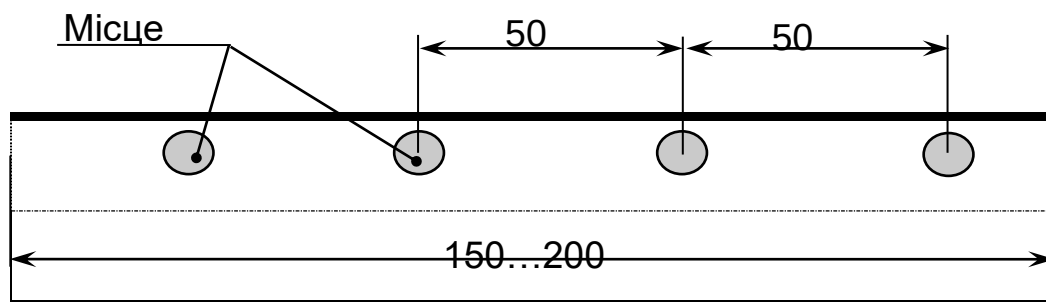


Рисунок 6.3 - Схема вимірів глибини входження плунжера в ґрунт

5. Звіт

5.1. Дані вимірів занести в таблицю 11

Таблиця 11

Результати розрахунку та виміру

Трактор	Кількість проходів по полю	Глибина входження плунжера, мм						Середнє арифметичне відхилення M , мм	Середнє квадратичне відхилення σ , мм	Коефіцієнт варіації V , %	Сила опіру ґрунту $Q, \frac{H}{cm^2}$
		Правий рушій			Лівий рушій						
		1	2	3	1	2	3				
0,6	1										
	2										
	3										
1,4	1										

	2											
	3											
3	1											
	2											
	3											

5.2. Визначаємо: середню арифметичну величину за формулою (1); середнє квадратичне відхилення за формулою (2); коефіцієнт варіації за формулою (3).

5.3. За формулою (40) визначити потенціальна енергія, виконану для вантажу ударника масою $m=3$ кг з висоти $H = 1,8$ м.

5.4. За формулою (40) визначити роботу, виконану при падінні вантажу ударника масою $m=3$ кг з висоти $H = 1,8$ м.

5.4. За формулою (41), використовуючи результатів вимірів – (див. табл. 11), визначити силу F для кожного варіанту дослідів.

5.5. По формулі (42) визначити опір ґрунту входженню в нього плунжера $S = (\text{см}^2)$ для кожного варіанту дослідів.

5.6. Побудувати графік залежності величини опору ґрунту від кількості проходів рушія по поверхні ґрунту.

5.7 Зробити висновок стосовно впливу та ущільнення ґрунту кількості проходів рушія по поверхні ґрунту різних класів тракторів.

6. Контрольні запитання

6.1. Яким методом можна визначити вплив рушія сільськогосподарської машини на чільність ґрунту!

6.2. Як змінюється величина опору ґрунту від кількості проходів рушія?

6.3. Які шляхи зменшення ущільнення ґрунту є?

6.4. Як поліпшити структуру ґрунту на вже ущільнених полях?

6.5. Наслідки переущільнення ґрунту?

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7

КОНТРОЛЬ ВРОЖАЙНОСТІ ПОЛЯ ВІДПОВІДНО ДО ТЕХНОЛОГІЙ СИСТЕМИ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Мета роботи – навчитись складати карту врожайності поля відповідно до заданих геовизначених даних.

1. Теоретична частина.

Одним з напрямків підвищення ефективності рільництва є застосування *системи точного землеробства* (СТЗ). Суть застосування СТЗ полягає в тому, що кожен рік з сільськогосподарського поля збираються два урожаї – біологічний та інформаційний. Інформаційний урожай являє собою геовизначену карту поля з основних фізико–технологічних та біологічних характеристик. Обидва "урожаї" пов'язані між собою в часі та просторі. Збирання інформації про стан поля проводять за допомогою *географічної системи позиціонування* (ГСП) та *Географічної Інформаційної Системи* (ГІС). Супутникова система навігації дозволяє визначити місце машинно–тракторного агрегату (МТА) в полі з точністю в межах декількох метрів. Для цього використовують спеціальні антени і приймачі з дисплейним пристроєм і прилади для запису масивів геовизначених даних, наприклад, бортовий комп'ютер. Геовизначена інформація, що записана бортовим комп'ютером може оброблятися в стаціонарних умовах за допомогою ГІС.

Системи точного землеробства під час своєї роботи використовують Global Position System і GNSS координати, за допомогою яких відбувається коригування і манера пересування. **Під час їзди вона виконує цілий ряд етапів:**

- Накопичення всіх необхідні даних про полях, культурах, регіонах.
- Дослідження та обробка накопичених даних для прийняття потрібних дій.

- Виконання операцій агротехнологічного характеру

Системи землеробства умовно можна розділити на ті, які виконують паралельне водіння, заміряють поля і автопілоти.



Основна задача, яку виконує система паралельного водіння – з максимальною точністю виконувати паралельне водіння сільгосп техніки між рядів, не залежно від того чи це ніч чи погані погодні умови.

Під час проходження, система землеробства дозволяє скоротити ширину смуги “подвійної обробки”. Це дозволяє скоротити **15% витрати** на використовувані ресурси. Система точного землеробства збільшує трудову активність персоналу і стає незамінним помічником в сільськогосподарській промисловості.

Автопілоти активно використовуються на сільгосп техніки. Вони використовуються, коли потрібна особлива точність виконання технологічних операцій, від одного до десяти сантиметрів. Виконувати сільськогосподарські операції автопілотом можна і **вдень і вночі**. Також під час роботи він дозволяє скоротити широту “подвійної обробки”.



Система виміру поля дає можливість максимально ефективно виміряти периметр поля, його площу і багато іншого. З допомогою збережених даних по вимірам можна створити і відтворити карту на комп’ютері чи пристрої.

Система землеробства дозволяє забезпечити максимальну чіткість управління аграрних машин (до 2 см). Потрібно ще врахувати, що чим вище чіткість, тим більше зростає область застосування.

ГІС складається з комп’ютерної мережі та відповідного програмного забезпечення і дає можливість графічного представлення, аналізу та обробки геовизначених карт поля з агрофізичних характеристиках ґрунту, з наявності поживних речовин, кількості шкідників, з урожайності тощо.

Урожайність сільськогосподарської культури є результатом дії цілого ряду факторів, таких як світло, тепло, повітря, волога, стан ґрунту (твердість, щільність), наявність шкідників і хвороб рослин, рівень поживних речовин тощо, а також механізованих операцій з обробітку ґрунту, внесення добрив, пестицидів, сівби тощо. Для конкретного поля ці фактори є величинами змінними і залежать від координат кожної точки поля. Тобто в одних місцях поля умови для рослин кращі, в інших – гірші. Це обумовлює варіацію урожайності сільськогосподарської культури в межах одного поля. Технологія ЗНВ враховує змінний характер вищеназваних факторів і забезпечує створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин по всій площі поля. Тобто, для реалізації змінних норм внесення необхідно мати карту урожайності поля.

Аналіз урожайності в окремих точках поля свідчить про значні варіації цього показника. Наприклад, на рис. 7 подана карта урожайності, кукурудзи на зерно з поля з умовною назвою № 29. Карта свідчить, що урожайність кукурудзи на цьому полі варіює від 40 до 75 ц/га. На карті також показані зони з низькою урожайністю і описані можливі причини цього:

- ущільнення ґрунту;
- полеглий від підвищеної вологості хліби в центрі поля;
- пошкодження урожаю від гризунів.

Аналізом причини варіації урожайності в межах поля займаються досвідчені спеціалісти. Карта урожаю дозволяє їм бачити "силу" цих причин при фінансовому аналізі, що в свою чергу дозволяє визначати економічно вигідні шляхи і засоби вирішення існуючих проблем. Ці проблеми можуть бути пов'язані не тільки з питаннями варіації урожайності, але і станом навколишнього середовища, що є важливим моментом для розробки стратегічних напрямків керування сільським господарством в конкретному регіоні.

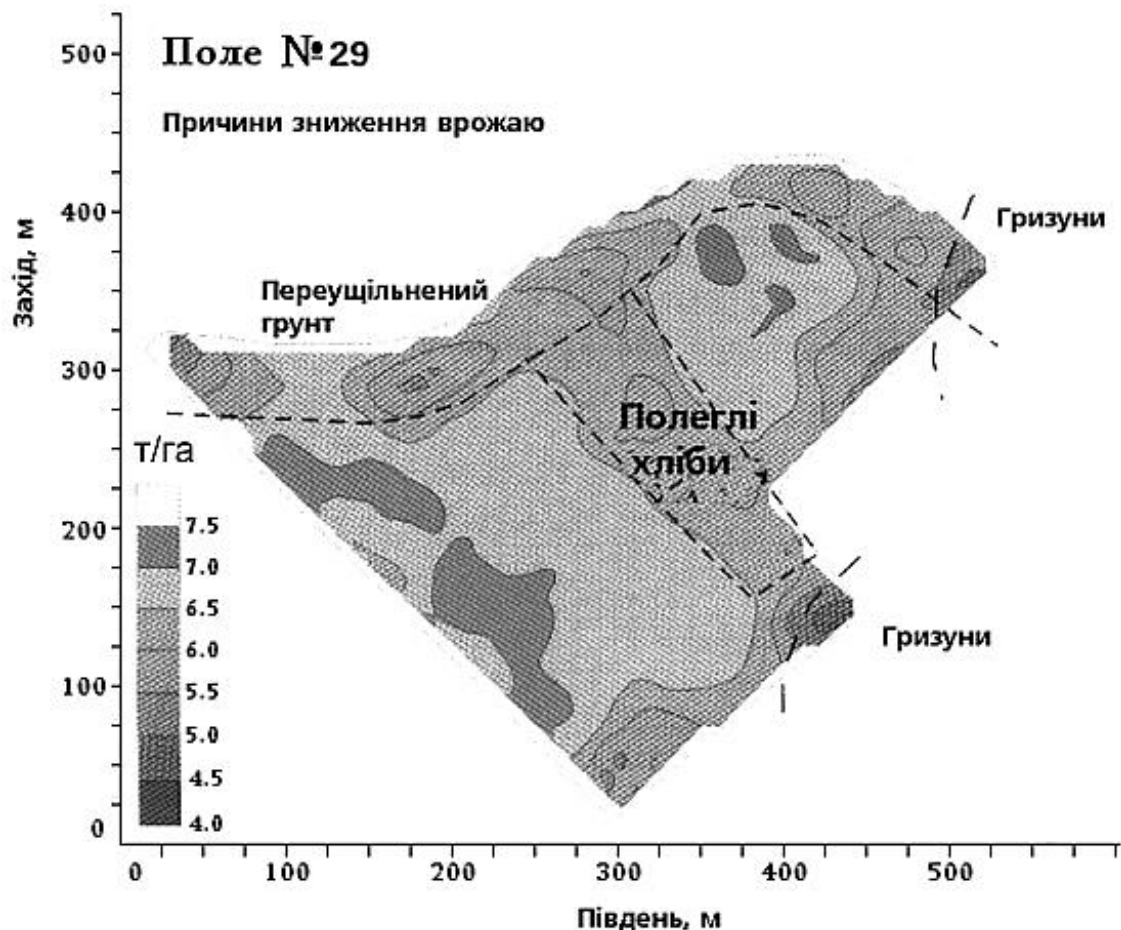


Рисунок 7.1 - Карта урожайності поля № 29

Таким чином, карти урожайності від збиральних машин служать основою всієї стратегії ведення точного землеробства.

Для побудови карти урожайності необхідно мати загальну інформацію про поле, таку як – ім'я поля, дата збирання, назва культури, що збирається і т. п., а також спеціальну – координати точок поля, урожайність та вологість зерна в кожній точці поля, площа елементарної ділянки, швидкість руху комбайна, середня урожайність і т. п. Ця інформація надходить від відповідних датчиків і обладнання, що встановлене на зернозбиральному комбайні на період жнив і записується на спеціальну карту PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association) або на звичайну дискету 1,44 Мб. Для кожної позиції комбайна в полі записується окремий рядок даних.

Дані збираються кожні 1, 2, 3 або 5 секунд, в залежності від конкретних умов збирання. Зібрані дані утворюють базу даних, яка може складатися з тисяч і десятків тисяч рядків інформації.

Наприклад, нижче наведено фрагмент масиву бази даних з урожайності

озимої пшениці:

85.056999;	41.570566;	27.8;	14.6;	<i>пшениця;</i>
<i>поле № 2</i>				
85.056949;	41.570566;	19.0;	15.0;	<i>пшениця; поле № 2</i>
85.056899;	41.570566;	12.4;	15.1;	<i>пшениця; поле № 2</i>
85.056832;	41.570566;	6.5;	15.1;	<i>пшениця; поле № 2</i>
85.056782;	41.570566;	4.6;	15.1;	<i>пшениця; поле № 2</i>
85.056665;	41.570566;	6.9;	15.1;	<i>пшениця; поле № 2</i>
85.056615;	41.570566;	9.0;	15.1;	<i>пшениця; поле № 2</i>
85.056582;	41.570532;	12.8;	22.5;	<i>пшениця; поле № 2</i>
85.056549;	41.570482;	6.6;	22.5;	<i>пшениця; поле № 2</i>
85.056732;	41.570482;	39.6;	14.0;	<i>пшениця; поле № 2</i>
85.056799;	41.570482;	47.7;	12.9;	<i>пшениця; поле № 2</i>
85.056849;	41.570482;	45.7;	13.5;	<i>пшениця; поле № 2</i>
85.056915;	41.570482;	52.8;	12.9;	<i>пшениця; поле № 2</i>
85.056982;	41.570482;	57.5;	12.2;	<i>пшениця; поле № 2</i>
85.057049;	41.570482;	34.3;	11.7;	<i>пшениця; поле № 2</i>
85.057115;	41.570482;	33.2;	11.5;	<i>пшениця; поле № 2</i>
85.057182;	41.570482;	8.7;	11.5;	<i>пшениця; поле № 2</i>
85.057265;	41.570399;	50.5;	11.5;	<i>пшениця; поле № 2</i>
85.057215;	41.570416;	39.8;	11.7;	<i>пшениця; поле № 2</i>
85.057149;	41.570432;	40.2;	11.5;	<i>пшениця; поле № 2</i>

Кожен рядок цих даних складається з числових або текстових елементів, що відділяються знаком «;» і визначає наступне:

довгота, град широта, град урожайність, ц/га вологість, %
культура

85.057149; 41.570432; 40.2; 11.5; пшениця

Довгота та широта дають координати точок поля відповідно до яких можливо побудувати карти поля з урожайності та вологості зерна. Такі карти зручно подавати в кольорі, що значно полегшує їх аналіз. Кожен окремий колір відповідає певному рівню урожайності. Наприклад, для наведених вище геовизначених даних карта урожайності має вигляд (рис. 7.2):

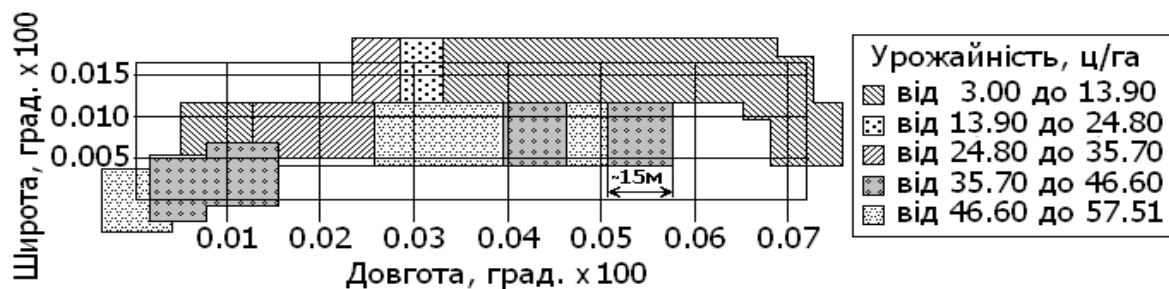


Рисунок 7.2 - Фрагмент карти урожайності пшениці

Наведений фрагмент карти показує, що урожайність по площі поля змінюється в широких межах. Причому, урожайність з краю поля (верхня частина рисунку) нижча ніж у напрямку до його центру. Подальший аналіз карт урожайності треба виконувати в комбінації з картами параметрів ґрунту поля та картами змінних норм внесення.

2. Порядок виконання роботи

2.1. Записати вихідні дані відповідно до заданого варіанту (таблиця 12).

2.2. Координати з довготи та широти обробити в наступній послідовності:

2.2.1. Визначити мінімальне значення довготи d_{min} і широти u_{min} .

2.2.2. Визначити центральні значення довготи d і широти u за формулами:

$$\varnothing = (\varnothing_z - \varnothing_{\min}) \cdot 100, \quad (43)$$

$$d = (d_i - d_{\min}) \cdot 100, \quad (44)$$

де d_i та w_i – значення відповідно довготи та широти.

Таблиця 12

Вихідні дані для виконання лабораторної роботи

Довгота, град.	Широта, град.	Варіант								Культура	№ поля
		1		2		3		4			
		Урожайність, ц/га	Вологість, %	Урожайність, ц/га	Вологість, %	Урожайність, ц/га	Вологість, %	Урожайність, ц/га	Вологість, %		
85,056999	41,570566	22,1	14,0	24,5	15,0	28,0	16,1	30,1	15,5	Пшениця	2
85,056949	41,570566	20,0	16,0	26,0	17,0	30,1	15,1	20,6	14,5		2
85,058999	41,570566	16,0	16,0	20,0	16,0	31,0	14,5	25,2	15,3		2
85,056832	41,570566	22,1	17,0	24,0	16,5	32,0	14,6	26,5	15,5		2
85,056782	41,570566	18,2	16,0	16,0	17,0	20,2	15,1	16,0	17,8		2
85,056665	41,570566	16,1	17,0	14,0	17,1	18,1	15,2	14,0	17,4		2
85,056615	41,570566	10,2	16,0	8,0	17,9	6,1	15,1	6,0	18,5		2
85,056582	41,570532	20,3	14,5	21,0	17,5	21,2	15,5	20,1	17,7		2
85,056549	41,570482	24,0	14,1	22,0	16,2	31,2	14,5	26,2	16,5		2
85,056732	41,570482	26,1	14,6	28,1	14,6	25,1	14,6	20,0	14,5		2
85,056799	41,570482	6,0	14,7	7,9	14,7	8,2	14,7	9,9	14,7		2
85,056849	41,570482	31,0	14,5	32,0	14,5	33,1	15,3	32,0	14,5		2
85,056915	41,570482	42,0	14,7	41,1	14,7	43,0	14,8	42,0	14,6		2
85,056982	41,570482	44,1	14,5	43,2	14,6	42,0	14,5	40,0	14,6		2
85,057049	41,570482	42,3	14,6	44,2	14,5	41,0	14,3	34,0	14,8		2
85,057115	41,570482	45,4	17,1	41,1	16,5	42,0	16,6	41,1	15,1		2
85,057182	41,570482	8,1	13,1	8,6	13,9	9,8	14,0	10,9	14,1		2
85,057265	41,570399	8,9	14,1	9,1	15,2	10,1	14,6	11,1	14,1		2
85,057215	41,570416	6,1	15,2	8,2	14,5	8,6	17,9	8,9	14,2		2
85,057149	41,570432	45,2	14,5	46,0	15,1	47,1	16,1	45,8	14,8		2

2.2.3. Переписати вихідні дані відповідно до визначених центральних значень довготи і широти.

2.3. Визначити інтервал класу варіювання урожайності:

$$\delta = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{k}, \quad (45)$$

де Q_{max} та Q_{min} – відповідно максимальна та мінімальна урожайність з масиву вихідних даних;

k – кількість класів, $k = 5$.

2.4. Визначити межі інтервалів класів:

Таблиця 13

Межі інтервалів урожайності та колір класів

№ класу	Межі інтервалів	Позначення класу урожайності
1	від Q_{min} до $Q_{min} + \delta$	
2	від $Q_{min} + \delta$ до $Q_{min} + 2\delta$	
3	від $Q_{min} + 2\delta$ до $Q_{min} + 3\delta$	
4	від $Q_{min} + 3\delta$ до $Q_{min} + 4\delta$	
5	від $Q_{min} + 4\delta$ до $Q_{min} + 5\delta$	

3. Звіт

3.1. Побудувати карту урожайності подібно до прикладу на рис. 8.

3.2. Записати висновки.

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА 8

ТАРУВАННЯ ПРУЖИН ПРИЛАДІВ З ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ

1. Мета роботи

Навчитися тарувати силові пружини, які застосовуються на приладах для визначення механічних характеристик сільськогосподарських матеріалів.

2. Теоретична частина

На деяких приладах (твердомір, прилади для визначення механічних характеристик сільськогосподарських матеріалів під час розтягання, стискання, обмолочування, зусиль відривання колосків від плодоніжок волоті та ін.) застосовують пружини як пружні елементи.

Величина сили, яка прикладається до пружини, залежить від виду деформації (розтяг, стиск, кручення) і її масштабу. Масштабом пружини m називають силу, яка необхідна для зміни деформації пружини на одиницю довжини.

Більшість пружин незалежно від величини деформації мають постійний масштаб. При навантаженні таких пружин між силою P та величиною деформації H існує залежність

$$m = \frac{P}{H}. \quad (46)$$

Вибір сили P обумовлюється технічними міркуваннями.

На твердомірах, приладах для визначення механічних характеристик сільськогосподарських матеріалів під час розтягання, стискання, перерізання та ін. застосовуються пружини стиску (рис. 8.1), на приладах для визначення показників обмолочування сільськогосподарських культур – пружини розтягу (рис. 8.2).

Масштаб силової пружини m може бути одержаний статичним і динамічним способами на приладах для тарування пружин. Статичний спосіб

визначення масштабу обґрунтовується на статичному навантаженні пружини. Динамічний спосіб визначення масштабу обґрунтовується на динамічному навантаженні пружини і здійснюється за допомогою фізичного маятника.

Міцність сільськогосподарських матеріалів при розтязі (розриванні) та стиску (роздавлюванні) визначається на приладах, які дозволяють спостерігати в статичних умовах зусилля і відповідні їм подовження (або скорочення) протягом всього процесу розтягування (або стискання) зразка до руйнування.

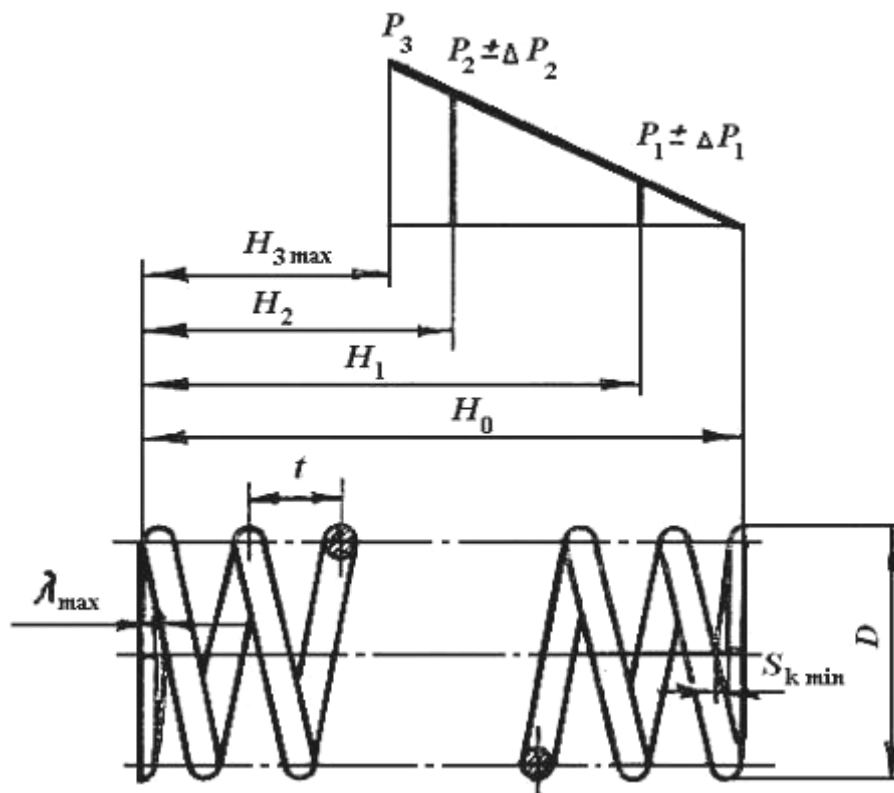


Рисунок 8.1 - Пружина стиску

Тому в цій роботі буде розглянутий статичний спосіб тарування силової ланки (пружини) приладів.

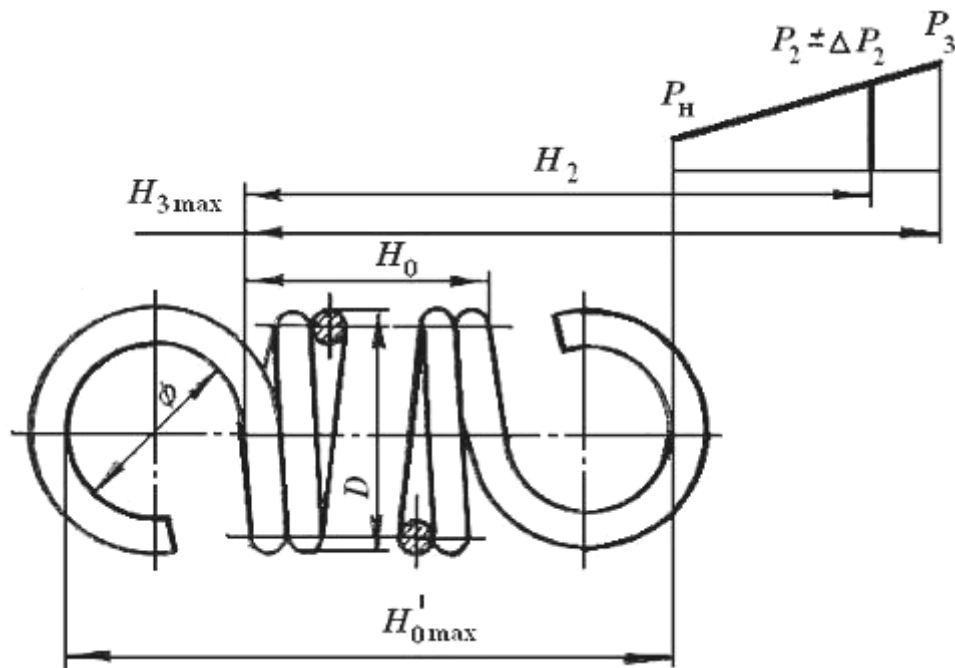


Рисунок 8.2 - Пружина розтягу

3. Зміст роботи

- 3.1. Зняти розміри силової пружини.
- 3.2. Скласти таблицю тарування пружини.
- 3.3. Визначити похибку приладу.
- 3.4. Визначити масштаб пружини.
- 3.5. Побудувати тарувальну криву.

4. Обладнання, прилади, матеріали

Для тарування необхідні пристрої. На рис. 8.3 представлена схема пристрою для тарування пружини стиску. Він складається із підвіски 1 для вантажу, вантажу 3 та вимірювальної лінійки 4.

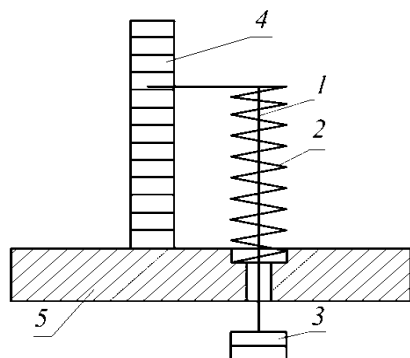


Рисунок 8.3 - Схема приладу для

тарування пружини стиску:

1 – підвіска для вантажу з
показчиком;

2 – пружина стиску; 3 – вантаж;

4 – вимірювальна лінійка; 5 – основа

На рис. 8.4 представлена схема пристрою для тарування пружини розтягу. Він складається із стійки 1, підвісок 2 (для пружини) та 4 (для вантажу), вантажу 5 та вимірювальної лінійки 6.

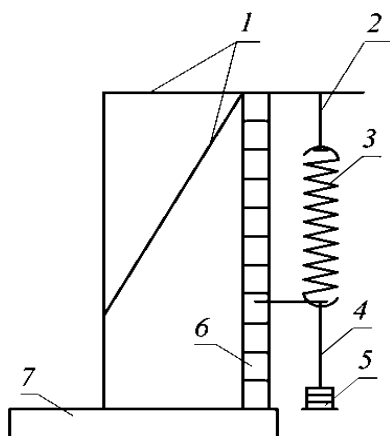


Рисунок 8.4 - Схема приладу для тарування пружини розтягу:

- 1 – стійка; 2 – підвіска для пружини;
3 – пружина розтягу;
4 – підвіска для вантажу з покажчиком;
5 – вантаж; 6 – вимірювальна лінійка; 7 – основа

5. Порядок виконання роботи

5.1. Зняти розміри силових пружин. Результати записати в табл. 13.

Таблиця 13

Вихідні дані силових пружин

Тип пружини	Діаметр проволони d , мм	Зовнішній діаметр D , мм	Внутрішній діаметр D_1 , мм	Довжина гачка зачепа l_k , мм	Число робочих витків n	Довжина пружини H_0 , мм

5.2. Провести навантаження і розвантаження пружини. Пружину встановлюють на прилад і приводять вимірювальну систему в вихідне положення. При цьому лінійка встановлюється в нульове положення. Навантажують пружину ступенями $P_1, P_2 \dots P_n$ з інтервалом ΔP (P_1 і P_n – відповідно мінімальна і максимальна сили, Н). Число ступенів навантаження може відрізнятися від числа, яке показано на рис. 9, 10.

Навантаження кожного наступного ступеня повинно бути більшим на величину інтервалу. Після того, як буде досягнута верхня межа

навантаження, пружину поступово розвантажують в зворотній послідовності з тим же інтервалом. Довжину пружини вимірюють на кожному ступеню навантаження і розвантаження. Цикл повторюють 3 рази.

5.3. За одержаними даними скласти таблицю тарування приладу (табл. 14) для визначення похибки приладу, яка викликається тертям, і отримання величин, необхідних для побудови тарувальної кривої.

На кожному ступеню навантаження і розвантаження визначається середня довжина пружини $H_{\text{СЕР}}$. Для кожного ступеня визначається також максимальна різниця

$$f = H_{\text{СЕР}} - H_{\text{МИН}} \quad \text{або} \quad f = H_{\text{МАКС}} - H_{\text{СЕР}}. \quad (47)$$

Похибка приладу (%) для кожного ступеня навантаження і розвантаження визначається за формулою

$$\alpha_{\text{СТ}} = \frac{f}{H_{\text{СЕР}}} \cdot 100. \quad (48)$$

Середня похибка $\alpha_{\text{СЕР}}$ визначається як середня арифметична із похибок $\alpha_{\text{СТ}}$, одержаних для кожного ступеня

$$\alpha_{\text{СЕР}} = \frac{\sum \alpha_{\text{СТ}i} \cdot K_i}{\sum K_i}, \quad (49)$$

де $\alpha_{\text{СТ}i}$ – величина похибки i – го класу, %;

K_i – частота повторення похибки i – го класу, шт.

5.4. За формулою (46) визначити масштаб пружини. Побудувати тарувальну криву.

Таблиця 14

Результати тарування силової пружини приладу

Зусилл я P , Н	Деформація пружини H , мм при						Середня деформаці я $H_{\text{СЕР}}$, мм	Максимальн а різниця f , мм	Похибк а $\alpha_{\text{СТі}}$, %
	навантаженн і			розвантаженн і					
	1	2	3	1	2	3			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

5	4,3	4,4	4,4	4,3	4,5	4,5	4,4	0,1	2,3
10	9,1	9,1	9,2	9,2	9,3	9,3	9,2	0,1	1,1
15	13,7	13,8	13,8	14,0	14,1	13,9	13,9	0,2	1,4
20	18,2	18,3	18,6	18,4	18,4	18,6	18,4	0,2	1,1
25	22,6	22,7	22,8	22,9	22,9	23,0	22,8	0,2	0,9
30	26,6	26,7	26,8	26,6	26,7	26,8	26,7	0,1	0,4

Середня похибка приладу $\alpha_{\text{СЕР}} = 1,03 \%$.

5.5. Тарувальна крива (рис. 8.5), яка виражає залежність деформації пружини приладу від навантаження, креслять на міліметровому папері за величинами P і $H_{\text{СЕР}}$, взятих із табл. 14 і використовується при обробці діаграм, одержаних при роботі приладу.

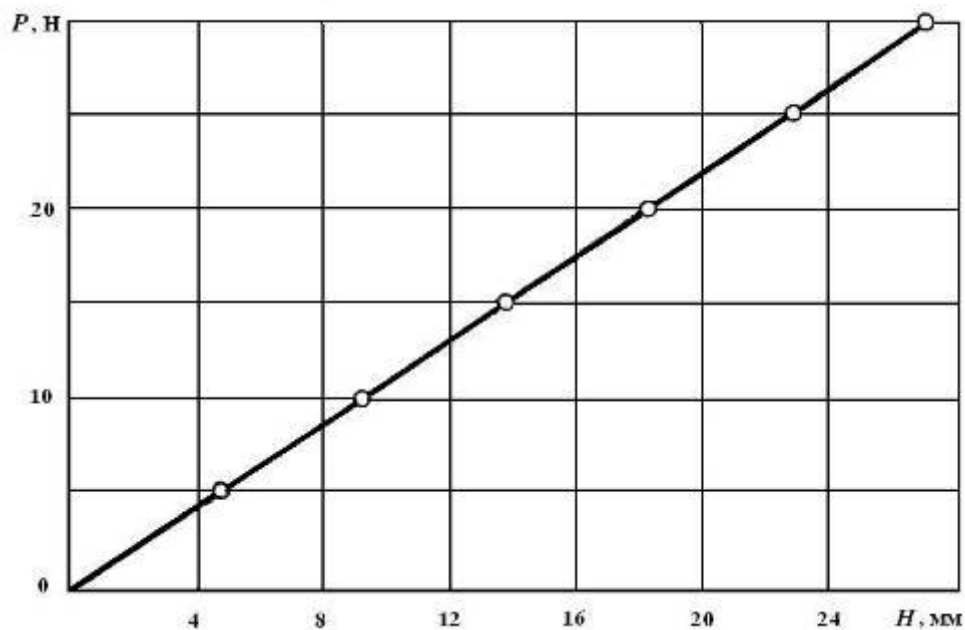


Рисунок 8.5 - Тарувальна крива силової пружини приладу

У табл. 14 наведені результати тарування силової пружини одного із приладів статичним способом і обробки цих результатів за приведеними вище формулами.

5.6. Оцінити результати дослідів.

6. Звіт

Звіт повинен включати:

- 6.1. Стислий зміст роботи.
- 6.2. Характеристику силової пружини.
- 6.3. Схему пристрою.
- 6.4. Таблицю тарування пружини.
- 6.5. Необхідні розрахунки.
- 6.6. Тарувальну криву.
- 6.7. Висновки.

7. Контрольні запитання

- 7.1. Як визначається масштаб пружини?
- 7.2. Що розуміють під статичним та динамічним способами тарування пружини?
- 7.3. Розповісти про будову пристрою для тарування пружини.
- 7.4. Розповісти про порядок тарування пружини.
- 7.5. Як визначаються похибка для кожного ступеня навантаження і розвантаження та середня похибка пружини?
- 7.6. Як будується тарувальна крива силової пружини?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навчальний посібник О. М. Царенко, С. С. Яцун, М. Я. Довжик, Г. И. Олійник; За редакцією С. С. Яцуна. – К.: Аграрна освіта, 2000. – 243 с.
2. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Практикум: Навчальний посібник Д. Г. Войтюк, О.М. Царенко, С. С. Яцун, М. Я. Довжик, Г. И. Олійник; За редакцією С. С. Яцуна. – К.: Аграрна освіта, 2000. – 93 с.
3. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник: О.М. Царенко, Д. Г. Войтюк, С. С. Яцун, М. Я. Довжик, В.М. Швайко. За редакцією С. С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.
4. Практикум з використання машин у рослинництві / В.Ю. Ільченко, А.С. Кобець, В.П. Мельник, П.І. Карасьов, П.М. Кухаренко, А.В. Ільченко; Дніпропетр. держ. агр. ун-т. – Дніпропетровськ, 2002. – 212 с.
5. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т. 1, ч. 1. Машини та знаряддя для обробітку ґрунту / П. М. Заїка; Харк. Держ. Техн. Ун-т сіл. Госп-ва. – Х.: Око, 2001. - 443 с.
6. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т. 1, ч. 2. Машини для сівби та садіння / П. М. Заїка; Харк. Держ. Техн. Ун-т сіл. Госп-ва. – Х.: Око, 2001. – 451с.
7. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т. 1, ч. 3. Машини для приготування і внесення добрив / п. М. Заїка; Харк. Держ. Техн. Ун-т сіл. Госп-ва. – Х.: Око, 2002. – 351 с
8. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т. 1, ч. 4. Машини для захисту рослин від шкідників і хвороб / п. М. Заїка; Харк. Держ. Техн. Ун-т сіл. Госп-ва. – Х.: Око, 2002. – 271 с.

9. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин: навч. Т. 2, ч. 1. Машини для заготівлі кормів / П. М. Заїка; Харк. Держ. Техн. Ун-т сіл. Госп-ва. – Х.: Око, 2003. – 359 с.
10. Войтюк, Д. Г. Сільськогосподарські машини : підруч. для студ. вузів / Д. Г. Войтюк, Г. Р. Гаврилюк. – К. : Урожай, 1994. – 445, [3] с.
11. Войтюк, Д. Г. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку : навч. посіб. / Д. Г. Войтюк, С. С. Яцун, М. Я. Довжик ; за ред. Д. Г. Войтюка. – Суми : Унів. кн., 2008. – 543 с.
12. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур з різним ресурсним забезпеченням / За ред. Д.І. Мазоренка, Г.Є. Мазнева. – Харків: ХНТУСГ. – 2006. – 725 с.

ШУЛЯК МИХАЙЛО ЛЕОНІДОВИЧ
САРЖАНОВ БОГДАН ОЛЕКСАНДРОВИЧ
КАЛНАГУЗ ОЛЕКСІЙ МИКОЛАЙОВИЧ
БАТЮК ЛЮДМИЛА МИКОЛАЇВНА

СИСТЕМА МАШИНА-ПОЛЕ

Методичні вказівки до виконання лабораторно-практичних робіт

**для здобувачів 4 та 3 с.т. курсу освітньої програми «Агроінженерія»
денної та заочної форм здобуття освіти ступеню вищої освіти «бакалавр»**

Суми, РВВ, Сумський НАУ, вул. Герасима Кондратьєва, 160

Підписано до друку „ ____ “ _____ 2026 рік. Тираж 50 прим.

Гарнітура Times New Roman. Умовн. друк. арк. 5,0. Формат А5. Замовл. _.
