

А.С. КОБЕЦЬ, О.Д. ДЕРКАЧ, Д.О. МАКАРЕНКО

МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В РОСЛИННИЦТВІ (ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ)

Навчальний посібник



УДК 631.3(075.8)
K55

Рекомендовано до друку вченою радою Дніпровського державного аграрно-економічного університету (протокол № 7 від 24 квітня 2025 р.)

Рецензенти:

Віктор АУЛІН, доктор технічних наук, професор кафедри експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського національного технічного університету;

Андрій БАБІЙ, доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри технічної механіки Тернопільського національного технічного університету ім. Івана Пулюя;

Ельчин АЛІЄВ, доктор технічних наук, професор кафедри інжинірингу технічних систем Дніпровського державного аграрно-економічного університету, старший дослідник;

Олександр КОБЕЦЬ, кандидат технічних наук, доцент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин Дніпровського державного аграрно-економічного університету

Кобець А. С., Деркач О. Д., Макаренко Д. О. *Машиновикористання в рослинництві (енергетичний аналіз) : навч. посіб.* Дніпро: Журфонд, 2025. 126 с.

У навчальному посібнику викладено теоретичні основи машиновикористання в рослинництві, енергетичного аналізу, наведено екологічну оцінку механізованих технологічних процесів вирощування сільськогосподарських культур. Розглянуто особливості методик енергетичної оцінки технологій, що дозволить здобувачам глибше зрозуміти вплив енергії на технологічні процеси в рослинництві, здійснювати об'єктивне їх проектування і, як наслідок, отримувати технології з максимальною енергетичною ефективністю.

Рекомендується для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія», ОПП «Агроінженерія», може бути корисним здобувачам освіти третього (наукового) рівня відповідного напрямку, фахівцям аграрного виробництва.

ISBN

© А. С. Кобець, О. Д. Деркач, Д. О. Макаренко

ЗМІСТ

1. ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА МЕХАНІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У РОСЛИННИЦТВІ	7
1.1. Загальні положення	7
1.2. Енергетичні еквіваленти	8
1.3. Енергетична ефективність	9
1.4. Енергоємність продукції.	10
1.5. Енергоємність насіння.....	11
1.6. Енергоємність машинних агрегатів.....	12
1.7. Енергоємність пального	13
1.8. Енергоємність праці людини	14
1.9. Енергоємність електроенергії	15
1.10. Енергоємність добрив, пестицидів	15
1.11. Коефіцієнт енергетичної ефективності	17
Контрольні питання	35
2. ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ ВИКОНАННЯ МЕХАНІЗОВАНИХ ОПЕРАЦІЙ В РОСЛИННИЦТВІ ЗА ЕНЕРГОВИТРАТАМИ	36
2.1. Методика обґрунтування складу МТА	36
2.2. Енергоємність тягово-провідних МТА	42
2.3. Дослідження енергоємності оранки.....	45
2.4. Дослідження енергоємності суцільної культивуації	47
2.5. Дослідження енергоємності сівби.....	49
2.6. Дослідження енергоємності прямого комбайнування посівів озимої пшениці.....	51
Контрольні питання	52
3. РОЗРОБКА ПЛАНУ МЕХАНІЗОВАНИХ РОБІТ ЗА РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР.....	53
3.1. Основні аспекти	53
3.2. Види технологій вирощування та принципи обґрунтування агрегатів	54
Контрольні питання	65
4. ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА МЕХАНІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬ-	

СЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР	66
4.1. Оцінка технології виробництва сільськогосподарської культури за енергонасиченістю	66
4.2. Оцінка машинних технологій за ущільненням ґрунту	70
4.3. Методика визначення затрат енергії на ущільнення (деформацію) ґрунту	78
4.4. Оцінка машинних технологій за виносом ґрунту	81
4.5. Зв'язок енергії і площі ущільненого ґрунту рушіями техніки	83
Контрольні питання	88
 Перелік використаної та рекомендованої літератури.....	90
Додатки	91

ПЕРЕДМОВА

Енергія. Від неї залежить наше життя, наше існування. У 1500 році людство споживало близько 13 трильйонів калорій (54,4 млрд МДж) енергії в день. Сьогодні за один день людство споживає 1,5 тисячі трильйонів калорій (6256 млрд МДж). З 1500-го року людське населення Землі збільшилося в 14 разів, валове виробництво – у 240, а споживання енергії – у 115 разів. Поряд зі зростанням використання енергії, людство все своє існування намагалося вирішити ще одну проблему – проблему голоду. І от у другій половині ХХ століття відбулася безпрецедентна подія в історії людства – воно почало виробляти більше їжі, ніж могло спожити. Їжа – це енергія! І якщо в людства стає все більше енергії – це може бути запорукою до розвитку науки, технологій та й подальшого прогресу взагалі.

Одне із завдань агроінженера - здатність проектувати, виготовляти і експлуатувати технічні засоби виробництва, первинної обробки, зберігання та транспортування сільськогосподарської продукції; мати вміння раціонально застосувати машини в технологіях. І ці процеси мають бути створені та реалізовані за мінімальних або оптимальних витрат енергії. В результаті цього ми маємо отримати більше корисної енергії, ніж витрачено. Це стосується і технологій вирощування сільськогосподарських рослин, про що і йтиме мова в даному посібнику.

Як же визначити рівень ефективності однакових технологій вирощування сільськогосподарських культур, що застосовуються, наприклад, у різних країнах? Що необхідно зробити агроінженеру, щоб дати обґрунтовану відповідь: чи ефективна буде спроектована технологія для конкретного агропідприємства? Як провести екологічну оцінку різних технологій, що мають місце в одному господарстві або регіоні? За якими критеріями слід проводити оцінку технологій, якщо змінюються витрати і вартість оборотних засобів та основних фондів? Як визначити глобальний вплив технології вирощування с.-г. культури на величину ущільнення ґрунту та наслідки таких дій? Відповідь на ці та інші питання можна отримати, провівши енергетичну оцінку як окремих механізованих процесів так і технологій в цілому.

Необхідність проведення енергетичної оцінки технологій вирощування сільськогосподарських культур викликана швидкими змінами економічного характеру, наявністю різних методів формування цін та рівня заробітних плат. З суто технічної точки зору, саме енергетичний аналіз техніки і технологій дасть об'єктивну оцінку виробничим процесам і можливість обґрунтувати ефективні енергетичні засоби, сіль-

ськогосподарські машини та прорахувати витрати енергії на інші види матеріальних і людських ресурсів.

Витрата енергії не піддається інфляційним процесам, адже одиниця вимірювання енергії – Джоуль – є фізично і економічно стабільна, незмінна величина. Таким чином, ми можемо порівнювати не тільки існуючі технології вирощування, а й проектувати нові, обґрунтовуючи застосування машин, знарядь і операцій з оптимально- або мінімально можливими енергетичними витратами.

Рекомендується для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія», ОПП «Агроінженерія», може бути корисним здобувачам освіти третього (наукового) рівня відповідного напрямку, фахівцям аграрного виробництва.

Вивчення наведених у навчальному посібнику методик енергетичної оцінки технологій дозволить здобувачам вищої освіти глибше зрозуміти вплив енергії на технологічні процеси в рослинництві, здійснювати об'єктивне їх проектування і, як наслідок, отримувати технології з максимальною енергетичною ефективністю.

1. ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА МЕХАНІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У РОСЛИННИЦТВІ

1.1. Загальні положення

Сільське господарство все більше використовує для свого виробництва енергію, бо створення кожної додаткової кількості сільськогосподарської продукції забезпечується за рахунок зростаючих вкладень енергії, носіями якої є техніка, добрива, пестициди тощо. Дійсно, сукупна енергія, вкладена у проектування і виготовлення, наприклад, тракторів John Deere 8345RT значно більша, ніж кількість вкладеної енергії в трактор ХТЗ-181. Але той же John Deere є більш функціональний, а тракторист, працюючи на ньому, витрачає меншу кількість своєї енергії. Врешті-решт, цей трактор працює з більш широкозахватним обладнанням, має більший діапазон тягових властивостей і в перерахунку на одиницю площі, витрачається менша кількість енергії. Рациональне використання енергії земної (непоновлюваної) та сонячної або вітрової (поновлюваної), розглядається як найважливіша умова для збільшення обсягів виробництва продуктів харчування. Частка енерговитрат на виробництво продовольчої продукції в загальному енергобалансі багатьох країн сягає десяти відсотків.

У зв'язку з цим в аграрному секторі застосовуються методи енергетичного аналізу машин, технологічних процесів та технологій з метою вивчення ступеня використання різних типів тракторів, роботів, автомобілів, причіпного знаряддя, палива, добрив, елементів логістики та багатьох інших факторів, які впливають на формування врожаю.

При енергетичному аналізі розрахунки проводять у єдиних міжнародних одиницях – джоулях. Це зручно, так як маємо єдиний параметр оцінки сукупних витрат. Введення енергетичного еквівалента при аналізі галузей сільськогосподарського виробництва дозволяє правильно оцінити їх техніко-технологічний рівень і забезпечити економію енергії. Енергетичний аналіз технологій є одним з факторів прискорення науково-технічного прогресу та сприяє виробленню рішень, направлених на більш раціональне використання енергії.

1.2. Енергетичні еквіваленти

Всі види трудових і виробничих затрат у сільському господарстві можуть бути досить точно визначені в енергетичних одиницях (еквівалентах). Енергетичний еквівалент – це кількість непоновлюваної енергії, яка витрачається на одержання 1 кг (1 л) маси (об'єму) і визначається в джоулях. Наприклад, енергетичний еквівалент 1 кг маси трактора за 1 годину роботи (табл. 1.1) оцінюється 0,0243 МДж, вантажного автомобіля – 0,0143 МДж, культиватора КРН-5,6 – 0,051 МДж. Вченими проведено великий обсяг досліджень із визначення цих еквівалентів. При визначенні цього еквіваленту, наприклад, на 1 кг маси трактора враховувалася затрачена енергія на добування залізної руди, кам'яного вугілля, їх транспортування, виплавляння металу, проектування та/або удосконалення машин і обладнання, виготовлення самої машини і обладнання. Така енергія називається матеріалізованою. Протягом експлуатаційного періоду враховуються також амортизація, ремонт, витрачені запасні частини. Сьогодні енергетичні еквіваленти визначені на різні види техніки, електроенергію, паливо, добрива, пестициди, транспортування, переробку і зберігання сільськогосподарських продуктів, на затрати робочої сили.

Уведення енергетичних еквівалентів до енергетичного аналізу дає змогу всі види праці й матеріально-технічні засоби (техніку – у кілограмах маси, затрати праці – у людино-годинах, витрату палива – у літрах або кілограмах, використання електроенергії – у кіловат-годинах, газ – у метрах кубічних) привести до єдиного показника – МДж. За допомогою цього єдиного міжнародного показника можна за енергоємністю технологічного процесу порівняти технології у рослинництві. На одиницю енергії не впливають економічні чинники. МДж – величина фізично стала. У цьому й полягає цінність застосування в енергетичному аналізі енергетичних еквівалентів. Енергетичні еквіваленти для умов України наведені в табл. 1.1–1.5. За допомогою енергетичних еквівалентів можна точно проаналізувати витрати на виробничу та технічну експлуатацію агрегатів, визначити енергоєм-

ність технології вирощування с.-г. культури, порівняти технології між собою за критерієм мінімальної енергоємності.

1.3. Енергетична ефективність

Основна мета технологій вирощування с.-г. культур – виростити запрограмовану кількість урожаю, певної якості за помірних витрат. Сьогодні мова вже не йде про отримання максимальних врожаїв, а ми говоримо про отримання врожаїв з максимальною маржинальністю. Тобто, щоб рівень прибутку був якомога більшим. Це, наприклад, характеризує ефективність технології No-Till, в якій немає мети отримати найбільший урожай. А є критерій, отримати помірний урожай за мінімальних витрат. Тобто, цілком можлива ситуація, що урожайність пшениці озимої, скажімо, в межах 6,0...6,5 т/га за інтенсивної технології, може бути менше економічно ефективною, ніж за урожайності 4,8...5,2 т/га за нульової технології.

Енергетичний аналіз механізованих технологічних процесів виробництва сільськогосподарських культур закінчується встановленням енергетичної ціни врожаю – співвідношенням кількості непоновлюваної енергії, яка міститься у вирощеній продукції, до кількості непоновлюваної енергії, витраченої на формування врожаю. Таке співвідношення називається коефіцієнтом енергетичної ефективності K_{ee} і підраховується за формулою:

$$K_{ee} = \frac{E_n}{E_3}, \quad (1.1)$$

де E_n – кількість енергії, що міститься у вирощеній продукції, МДж/га;

E_3 – кількість енергії, витраченої на формування врожаю, МДж/га.

У сучасному землеробстві перевагу мають технології, які мають вищий коефіцієнт енергетичної ефективності, а не максимальний урожай. Врешті-решт, найвища енергетична ефективність технології виливається у найкращий економічний резуль-

тат. Досягти цього можна не тільки раціональним плануванням технологічних операцій, але і обґрунтуванням раціональних МТА за критерієм мінімальної енергоємності. Важливу роль також грає енергоємність вирощеної продукції.

1.4. Енергоємність продукції

Енергетичні еквіваленти сільськогосподарської продукції і продуктів харчування, насіння для сівби обчислюють за їх хімічним складом і калорійністю. До уваги також береться енергоємність білків, жирів і вуглеводів, які входять до складу продукції. Щоб достовірно порівняти хімічний склад зерна і продуктів його переробки, усі показники приводять до гранично допустимого стандарту вологості. На основі детально проведених розрахунків у табл. 1.3 наведено вміст енергії в урожаї сільськогосподарських культур.

Енергоємність продукції (E_n , МДж/га) на одиницю площі визначається так:

$$E_n = (Y_o - Y_{zo} - Y_{yo}) \cdot K_c \cdot \alpha_{no} + Y_n \cdot K_c \cdot \alpha_{nn}, \quad (1.2)$$

де Y_o , Y_n – урожай основної і незернової продукції, кг/га;

Y_{zo} , Y_{yo} – засміченість і усушка зерна, кг/га;

K_c – коефіцієнт вмісту сухої речовини (с.р.) у зерні чи незерновій частині (табл. 1.3);

α_{no} , α_{nn} – енергетичний еквівалент одержаної основної і незернової частини врожаю, МДж/кг с.р. (табл. 1.3).

Приклад. На площі 80 га одержано зерна озимої пшениці 5,0 т/га, соломи 6,0 т/га. Енергетичний еквівалент зерна 19,13 МДж/кг с.р. (табл. 1.3), соломи 9,89 МДж/кг с.р. Коефіцієнт вмісту сухої речовини в зерні 0,86, у соломі 0,65.

Визначаємо енергоємність продукції. При приведенні зерна пшениці до гранично допустимої вологості, усушка склала 3%.

Тоді, фізичну масу усушки зерна, яка складає 3 %, знахо-

димо так:

$$Y_{yo} = \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 3}{100} = 150 \text{ кг/га.}$$

Засміченість зерна становить 2 %:

$$Y_{yo} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 3}{100} = 60 \text{ кг/га.}$$

Після сушіння і очистки маса зерна дорівнює, кг/га

$$M = (5000 - 150 - 60) = 4790.$$

Енергоємність врожаю озимої пшениці:

зерно –

$$E_z = 4790 \cdot 0,86 \cdot 19,13 = 78146 \text{ МДж} = 78,8 \text{ ГДж.}$$

солома –

$$E_c = 6000 \cdot 0,65 \cdot 9,89 = 38571 \text{ МДж} = 38,5 \text{ ГДж/га.}$$

Енергоємність продукції з усієї площі становитиме:

$$E_n = (78,8 + 38,5) \cdot 80 = 9384 \text{ ГДж} = 9,4 \text{ ТДж.}$$

Таким чином, наведено методику визначення енергоємності вирощеної продукції, яка дає змогу оцінити ефективність проєктуємої технології.

1.5. Енергоємність насіння

Енергоємність 1 кг насіння різних культур оцінюється в 1,5 рази вище (енергія витрачається на зберігання, сушіння, провітрювання, очищення, боротьбу зі шкідниками), ніж енергоємність товарного зерна і визначається просто:

$$E_n = E_z \cdot 1,5. \quad (1.3)$$

Приклад. Відповідно до технології норма витрати насіння на 1 га посіву пшениці озимої дорівнює 180 кг, енергетичний еквівалент 1 кг сухої речовини пшениці 19,13 МДж, вміст сухої речовини в зерні пшениці 0,86. Визначити енергоємність насіння.

Енергоємність 1 кг насіння пшениці на одиницю площі:

$$E = 1,5 \cdot 180 \cdot 19,13 \cdot 0,86 = 4441 \text{ МДж} = 4,44 \text{ ГДж.}$$

1.6. Енергоємність машинних агрегатів

$$E_{\text{ма}} = E_{\text{ез}} + E_{\text{сзм}} + E_3 = T_{\text{зод}} \cdot (\alpha_{\text{ез}} + \alpha_{\text{сзм}} + \alpha_3) = \\ = \frac{Q}{W_{\text{зод}}} \cdot (\alpha_{\text{ез}} + \alpha_{\text{сзм}} + \alpha_3), \quad (1.4)$$

де $E_{\text{ез}}$, $E_{\text{сзм}}$, E_3 – енергоємність енергетичних засобів, с.-г. машин, зчіпок відповідно, МДж;

$T_{\text{зод}}$ – тривалість роботи агрегата, год;

$\alpha_{\text{ез}}$, $\alpha_{\text{сзм}}$, α_3 – енергетичний еквівалент енергетичного засобу, с.-г. машин, зчіпки відповідно, МДж/год;

Q – обсяг робіт, га;

$W_{\text{зод}}$ – продуктивність агрегату за годину роботи, га.

Приклад. Агрегат у складі трактора ХТЗ-181+КПС-8 «Восход» закультивував 80 га. Годинна норма його роботи становить 4,8 га/год. За даними табл. 1.4 $\alpha_{\text{ез}} = 242,8$ МДж/год; $\alpha_{\text{сзм}} = 204,8$ МДж/год.

Визначаємо енергоємність агрегату.

Витрати енергії агрегату на культивуванні 80 га складуть:

$$E_{\text{ма}} = \frac{80}{4,8} \cdot (242,8 + 204,8) = 7460 \text{ МДж}$$

Витрати енергії у розрахунку на 1 га становлять:

$$E_{\text{ма}} = \frac{7460}{80} = 93,3 \text{ МДж/га.}$$

Якщо енергетичних еквівалентів окремих тракторів та с.-г. машин за годину роботи немає в табл. 1.4, то їх можна підрахувати так:

$$\alpha_{\text{ез}} = M_{\text{ез}} \cdot \alpha_{M_1}, \quad (1.5)$$

де $M_{\text{ез}}$ – маса енергетичного засобу чи с.-г. машини, кг;

α_{M1} – енергетичний еквівалент 1 кг маси, МДж/кг · год.

Приклад. Трактор John Deere 6930D має масу 5600 кг (табл. 1.4), енергетичний еквівалент його $\alpha_{M1} = 0,0243$ МДж/кг · год (табл. 1.1). Визначити енергетичний еквівалент трактора.

Енергетичний еквівалент трактора John Deere 6930D дорівнює:

$$\alpha_{\text{ес}} = 5600 \cdot 0,0243 = 136,1 \text{ МДж/год.}$$

Аналогічно визначають енергоємність і для інших енергетичних засобів та сільськогосподарського реманенту.

Для автомобілів визначають енергетичний еквівалент (МДж) у розрахунку на 1 км пробігу за формулою:

$$\alpha_{\text{ав,км}} = \frac{\alpha_{\text{ав,год}}}{v_{\text{ек}}}, \quad (1.6)$$

де $\alpha_{\text{ав,год}}$ – енергетичний еквівалент автомобіля, МДж/год (табл. 1.4);

$v_{\text{ек}}$ – експлуатаційна швидкість автомобіля, км/год;

$v_{\text{ек}} = 30 - 35$ км/год.

1.7. Енергоємність пального

Витрати енергії на паливо підраховують за формулою:

$$E_{\text{нал}} = (\alpha_n' + \alpha_n'') \cdot H_{\text{нал}}, \quad (1.7)$$

де α_n' – енергетичний еквівалент бензину, дизельного пального, природного газу складається із питомого тепла, яке одержано від згоряння даного виду пального, плюс енергія, яку затрачено на його добування (табл. 1.2), МДж/кг;

α_n'' – додаткові витрати енергії на транспортування, зберігання і заправку;

$H_{\text{нал}}$ – норма витрати пального, кг/га.

Для сільськогосподарських підприємств України прийнято, що:

$$\alpha_n' + \alpha_n'' = 79,5 \text{ МДж/кг.}$$

Приклад. Агрегат (ХТЗ-17221+ЛДГ-15) на луценні стерні витрачає дизельного пального 2,3 кг/га. Визначити енергоємність палива. Витрати енергії на паливо становлять:

$$E_{\text{пал}} = 79,5 \cdot 2,3 = 182,8 \text{ МДж/га.}$$

1.8. Енергоємність праці людини

Витрати енергії на одиницю роботи підраховують за формулою:

$$E_{\text{пл}} = \frac{n_{\text{мех}}}{W_{\text{зод}}} \cdot \alpha_{\text{мех}} + \frac{n_{\text{доп}}}{W_{\text{зод}}} \cdot \alpha_{\text{доп}}, \quad (1.8)$$

де $E_{\text{пл}}$ – витрати енергії людини, МДж/га;

$n_{\text{мех}}$ – чисельність основних працівників (трактористів-машиністів, комбайнерів і т. ін.), що обслуговують агрегат при роботі в одну зміну;

$n_{\text{доп}}$ – чисельність допоміжних працівників, що обслуговують агрегат при роботі в одну зміну;

$W_{\text{зод}}$ – продуктивність агрегату, га /год;

$\alpha_{\text{мех}}, \alpha_{\text{доп}}$ – енергетичний еквівалент відповідно до основних і допоміжних працівників (табл. 1.1), МДж/люд · год.

Витрати енергії людини на весь обсяг робіт визначають як добуток витрат енергії на одиницю роботи на обсяг робіт у фізичних одиницях:

$$E_{\text{зпл}} = E_{\text{пл}} \cdot Q, \quad (1.9)$$

де Q – обсяг роботи в фізичних одиницях, га.

Приклад. Для виконання обсягу робіт у 200 га використовуються два агрегати у складі тракторів ПМЗ 8240 і сівалок SZM НІКА-4. На сівбі задіяні два механізатора, два допоміжних

працівника. Визначити енергоємність праці людини. Енергоємністю праці людини на підвезенні насіння і добрив знехтуємо.

Годинна продуктивність посівного агрегату складає 2,5 га /год.; енергетичний еквівалент тракториста – машиніста 43,4 МДж/люд · год (табл. 1.1), допоміжних працівників – 29,7 МДж/люд · год.

Енергоємність праці людини дорівнює:

$$E_{\text{пл}} = \frac{2}{2,5} \cdot 43,4 + \frac{2}{2,5} \cdot 29,7 = 34,72 + 23,76 = 58,48 \text{ МДж/га.}$$

Витрати енергії на весь обсяг робіт (200 га) дорівнюють:

$$E_{\text{зпл}} = 58,48 \cdot 200 = 11696 \text{ МДж} = 11,7 \text{ ГДж.}$$

1.9. Енергоємність електроенергії

Щоб одержати витрати електричної енергії (E_{ee} , МДж/га) на одиницю площі, враховують врожайність певної культури:

$$E_{ee} = \alpha_e \cdot H_e \cdot U, \quad (1.10)$$

де α_e – енергетичний еквівалент електроенергії; 1 кВт · год електроенергії оцінюється в 12 МДж;

H_e – витрати електричної енергії на переробку 1 т продукції, кВт · год/т;

U – урожайність с.-г. культури, т/га.

Приклад. На протруювання насіння озимої пшениці витрачається 0,012 кВт-год/т. Норма витрати насіння 180 кг/га. Енергетичний еквівалент 12 МДж/кВт · год. Визначити енергоємність електроенергії:

$$E_{ee} = 12 \cdot 0,012 \cdot 0,180 = 0,02592 \text{ МДж/га} = 25,92 \text{ Дж/га.}$$

1.10. Енергоємність добрив, пестицидів

Рівень витрат енергії, яка пов'язана із використанням добрив, пестицидів, розраховують множенням кількості витраченого на 1 га даного виду ресурсу на його енергетичний еквівалент:

$$E_{\partial} = \frac{\alpha_{\partial} \cdot H_{\partial} \cdot M_{\partial}}{100 \cdot T_{\partial}}, \quad (1.11)$$

де E_{∂} – витрати енергії на добрива, пестициди, МДж/га;

α_{∂} – енергетичний еквівалент мінеральних добрив, МДж/кг діючої речовини (д.р.) – табл. 1.2 і 1.5; він включає прямі заводські витрати теплової та електричної енергії на їх виробництво і перевезення до місця використання. Для фосфатних і калійних добрив підраховані прямі витрати на добування сировини, її переробку і транспортування;

M_{∂} – вміст діючої речовини в добриві, %;

H_{∂} – витрати добрив і пестицидів, кг/га;

T_{∂} – строк дії продукту, років. Для мінеральних добрив, пестицидів – 1 рік, органічних добрив – 3 роки.

Якщо енергетичний еквівалент дається в МДж на 1 кг фізичної маси, то рівень витрат визначається так:

$$E_{\partial} = \frac{\alpha_{\partial} \cdot H_{\partial}}{T_{\partial}}. \quad (1.12)$$

Приклад. Планується при вирощуванні соняшника внести на 1 га 220 кг суперфосфату гранульованого, якщо вміст діючої речовини в ньому становить 19,5% (табл. 1.5), енергетичний еквівалент 1 кг речовини – 13,8 МДж. Визначити енергоємність добрив:

$$E_{\partial} = \frac{220 \cdot 19,6 \cdot 13,8}{100} = 595 \text{ МДж/га.}$$

Обсяг витрат енергії на виготовлення мінеральних добрив значний, тому вони мають велику енергоємність: 1 кг азотного добрива в перерахунку на діючу речовину оцінюється 80 МДж, – фосфорного 13,8, калійного – 8,8 МДж енергії.

Енергетичні еквіваленти пестицидів обчислюються так само, як і добрив. Вони також мають велику енергоємність. Так, на 1 кг діючої речовини гербіцидів припадає 263–420 МДж, інсектицидів – 253,2–365,0, фунгіцидів 116,6–272,6, ретардантів – 209,6 МДж.

Витрати енергії на добрива і пестициди визначаються по кожній технологічній операції або в цілому за технологічною картою.

Приклад. Планується внести восени на 1 га посіву озимої пшениці під глибоку оранку 30 т органічних добрив, 30 кг діючої речовини азотних, 90 – фосфорних і 90 кг калійних. Виходячи із цих даних і табл. 1.2, підрахувати енергоємність добрив:

$$E_{\partial} = \frac{30000 \cdot 0,42}{3} + 30 \cdot 86,8 + 90 \cdot 12,6 + 90 \cdot 8,3 = \\ = 8685 \text{ МДж/га} = 8,68 \text{ ГДж/га.}$$

1.11. Коефіцієнт енергетичної ефективності

Коефіцієнт енергетичної ефективності визначається за формулою:

$$K_{ee} = \frac{E_n}{E_z} = \frac{E_n}{E_n + E_{ma} + E_{nal} + E_{nl} + E_{ee} + E_{\partial}}, \quad (1.13)$$

де E_n – енергоємність продукції; визначається за формулою (1.2), МДж/га;

E_n – енергоємність насіння; визначається за формулою (1.3), МДж/га;

E_{ma} – енергоємність машинних агрегатів (тракторів, автомобілів, с.-г. машин, зчіпок); визначається за формулою (1.4), МДж/га;

E_{nal} – енергоємність пального; визначається за формулою (1.7), МДж/га;

E_{nl} – енергоємність праці людини; визначається за формулою (1.8), МДж/га;

E_{ee} – енергоємність електроенергії; визначається за формулою (1.10), МДж/га;

E_{∂} – енергоємність добрив, пестицидів; визначається за формулами (1.11) або (1.12), МДж/га.

Розрахунки затрат енергії ведуть на 1 га або на всю задану площу.

Таблиця 1.1

Енергетичні еквіваленти

Сільськогосподарська машина і знаряддя, професії робітників	На 1 кг маси за 1 год або за 1 люд · год, МДж
1	2
<i>1. Основні засоби виробництва</i>	
Трактори та самохідні шасі	0,0243
Автомобілі вантажні	0,0143
Причепи та напівпричепи	0,0263
Навантажувачі: на базі тракторів	0,048
на базі автомобілів	0,046
з електродвигунами	0,211
Плуги та глибокорозпушувачі-плоскорізи, машини для нарізання борозен	0,036
Луцильники та дискові борони, зчіпки	0,080
Знаряддя для поверхневого розпушення та при- кочування ґрунту, снігоорачі	0,102
Культиватори для суцільного та міжрядного обробітку ґрунту	0,051
Машини для внесення мінеральних добрив на базі тракторів	0,071
подрібнювачі добрив	0,058
твердих органічних	0,032
рідких	
Обприскувачі тракторні	0,246
Обпилювачі тракторні	0,210
Сівалки всіх типів	0,107
Комбіновані машини	0,094
Жатки валкові, підбирачі	0,211
Комбайни зернові	0,151
Комбайни кукурудзо- та силосозбиральні	0,124
Зерноочисні та сушильні агрегати	0,148
Машини для збирання соломи	0,120
Косарки-плющилки, скиртоукладачі, скирторізи	0,094

1	2
Граблі, волокуші	0,109
Підбирачі сіна, соломи, силосо-копицевози	0,177
Машини та обладнання для досушування сіна	0,143
Машини для збирання льону, конопель, кенафу	0,260
Бавовнозбиральні машини	0,138
Комбайни бурякозбиральні	0,098
Буряконавантажувачі та гичкозбиральні машини	0,109
Бурякозбиральні машини	0,200
Картоплесаджалки, картоплекопачі, картопле- сортувачі та транспортери-підбирачі	0,194
Комбайни картоплезбиральні	0,158
Розсадосадильні машини	0,119
Машини для вирощування та збирання тютюну (махорки) та чайних насаджень	0,112
Дошувальні машини: самохідні	0,033
далекоструминні	0,042
Насосні станції	0,038
Електротехнічне обладнання, електродвигуни	0,211
Тяглова худоба	0,020
Сільськогосподарська авіація з врахуванням витрат рідкого палива	3500
<i>2. Кінний та ручний реманент</i>	
Сівалка кінна	0,038
Плуги, підгортачі кінні	0,024
Косарки, лобогрійки, жатки кінні	0,030
Борони кінні	0,045
Вози	0,010
Граблі, волокуші, преси кінні	0,036
Лопати, вила, граблі, коси та інші ручні знаряддя	0,012
<i>3. Трудові ресурси</i>	
Трактористи-машиністи, комбайнери, водії	43,4

1	2
Ремонтні робітники, слюсарі-оператори	41,8
Електромонтери	43,7
Допоміжні працівники (ручна праця)	29,7
Інженерно-технічні робітники	67,0
Доярки ручного доїння	42,7
Оператори машинного доїння	43,3
Різноробочі на фермі	41,2

Дані, що наведені в табл. 1.1 мають рекомендаційний характер.

Таблиця 1.2

Енергетичні еквіваленти на оборотні засоби виробництва

Оборотні засоби	Одиниця виміру	МДж
1	2	3
<i>1. Енергетичні ресурси (виробничі затрати)</i>		
Бензин	1 кг	54,4
Бензин	1 л	42,3
Дизельне пальне	1 кг	52,8
Дизельне пальне	1 л	47,7
Вугілля	1 кг	32,6
Природний газ	1м ³	49,4
Дрова	1 кг	19,6
Електроенергія	1 кВт-ч	12,0
<i>2. Мінеральні добрива</i>		
Азотні	1 кг д.р.	86,8
Фосфорні	1 кг д.р.	12,6
Калійні	1 кг д.р.	8,3
Комплексні	1 кг д.р.	51,5
<i>3. Місцеві добрива</i>		
Гній (80% вологості)	1 кг	0,42

1	2	3
Жито: зерно	19,49	0,86
Ячмінь: зерно	19,13	0,86
Овес: зерно	18,80	0,86
Просо: зерно	19,70	0,86
солома	11,8	0,65
Гречка: зерно	19,38	0,86
солома	11,6	0,65
Рис (зерно)	18,59	0,86
Горох (зерно)	20,57	0,86
Соя (зерно)	20,57	0,88
Кукурудза: зерно	17,60	0,86
зелена маса	16,39	0,25
сухі стебла	10,9	0,65
Буряки цукрові	18,26	0,14
Гичка цукрового буряка	1,67	0,12
Коренеплоди кормові	16,39	0,25
Соняшник: насіння	19,38	0,92
зелена маса	16,80	0,25
сухі стебла	2,5	0,65
Картопля	18,29	0,20
Овочеві	14,36	0,10
Люцерна на сіно	21,83	0,25
Багаторічні трави на сіно	18,91	0,20
Однорічні трави на сіно	16,39	0,20
Лукопасовищні трави	16,19	0,20
Зернофуражні культури на зелений корм	15,40	0,30
Озимі культури на зелений корм	16,20	0,28
Бахча кормова	15,40	0,20

* – вміст енергії на 1 кг насіння с.-г. культури визначається як добуток графі 2 на коефіцієнт 1,5 (витрати енергії на зберіган-

ня, сушіння, провітрювання, очищення, боротьбу із шкідниками).

Таблиця 1.4
Енергоємність сільськогосподарських машин і знарядь

Марка	Маса, кг	За 1 го- дину експ- луата- ції, МДж	Марка	Маса, кг	За 1 го- дину експ- луата- ції, МДж
Трактори					
K-701	12500	303,8	YTO ELG 1604	6580	159,9
Case MX 380	17700	430,1	VERSATI LE 4WD 425	14288	347,2
ХТЗ-181	9990	242,8	VERSATI LE 4WD 520	19051	462,9
ХТЗ-17221	8620	209,5	VERSATI LE 520DT	26694	648,7
Case STX 535	24494	595,2	Claas Axion 850	7900	192,0
John Deere 6930D	5600	136,1	Claas Axion 820	7400	179,8
John Deere 8335R	18000	437,4	Claas Axion 950	13060	317,4
John Deere 8345RT	18200	442,3	ПМЗ 8240	4373	106,3
Mahindra WD 4500	4100	99,6	ПМЗ 10254H	5500	133,7
Mahindra 8000	3950	96,0	ХТА-250- 13	8500	206,6
YTO NLX 1024	4300	104,5	ХТА-250-30	8365	203,3

Комбайни (зернозбиральні та спеціальні)					
КЗС-9-1 "Славу- тич"	12000	1812,0	John Deere Т550	15200	2295,2
Lexion-570	15500	2340,5	New Holland CX 6090	13400	2023,4
John Deere S670	15310	2311,8	John Deere 8100	8108	1005,4
John Deere W650	13530	2043,0	Claas Jaguar 950	13150	1630,6
Автомобілі					
КрАЗ-260	12775	182,7	КрАЗ- 6511С4	13000	185,9
Volvo FN 13	10070	144,0	КрАЗ- 65053ІК	11000	157,3
ГАЗ-3307	3200	45,8	КрАЗ- 255Б1	11650	166,6
ГАЗ-3309	3600	51,5	КрАЗ- 257Б1	10285	147,1
Плуги					
ПТК-9-35	2800	100,8	EurOpal 6 4+1 N 100	1090	39,24
ПЛН-3-35	430	15,48	Titan 18 8+4+1 L 100	7000	252
ПЛН-5-35	930	33,48	Kuhn Multi- liader-6	3275	117,9
Kuhn-5 Vary	1585	57,06	PONM-3- 35+1	1195	43,02
Луцильники			Дискові борони		
ЛДГ-10	2700	216	БН-2,4 "Чумак"	930	74,4
ЛДГ-15	4540	363,2	БП-4 "Довбиш"	3700	296
DEFT activ- 5,0	6500	520	ANTAR ES 3X4	2740	219,2

DEFT-3,0	1350	108	ANTAR ES 8X4	6125	490
Культиватори					
Polaris 4 Premium	2238	114,1	БП-4 "Дов- биш"	3700	188,7
КПС-8ПМ "Восход"	4000	204,0	ANTAR ES 3X4	2740	139,7
КПС-8ПМ "Курінний"	4000	204,0	КН-1,6М	113	5,8
КПС-4 (начінний)	773	39,4	Арон-4	1350	68,9
КН-3,8	830	42,3	КПС-4 (причіп- ний)	969	49,4
КРН-4,2	871	44,4	Toscana серії YSAV	780	39,8
КРН-5,6	1300	66,3	КПК-5.6 (Велес)	1100	51
Сівалки					
СЗ-5,4А-0,6	3135	335,4	Horsch Maestro 36,5 SW	15200	1626,4
SZM НІКА- 4	2050	104,6	VENZA- 8	1760	89,8
SZM НІКА- 6	4300	219,3	УПС-8 Веста	1278	65,2
Turbosem 19-60	11900	606,9	John Deere 1890	10160	518,2
Причепи та бункери-навантажувачі					
1-ПТС-2Н	735	19,3	ПБН-16	4750	142,5
1-ПТС-2	855	22,5	ПБН-50	12570	377,1
I-ПТС-4	1700	44,7	Kinze- 1521	14400	432
2-ПТС-4,5	1650	49,5	UW-20	5450	163,5

Машини для внесення добрив: а) <i>мінеральних</i>					
МВУ-8	3140	222,9	Amazone ZA-M 1001	532	37,8
МВУ-0,5	160	11,4	Sulky DPA Polyvrac S121	2800	198,8
Amazone ZG-B 8200	1800	127,8	Willmar S600	1400	99,4
Jar-Met-200	55	3,9			
б) <i>органічних</i>					
МТТ-9	3450	200,1	МТУ-15	6200	359,6
МТУ-15	5800	336,4	РТД-9	4300	249,4
ПРТ-7А	3050	176,9	РТД-5	2800	162,4
МТУ-24	7000	497,0	N 267	3400	197,2

Таблиця 1.5

**Енергетичні еквіваленти мінеральних добрив
і отрутохімікатів**

Добрива і отрутохімікати	Вміст діючої речовини, %	Енергетичний еквівалент, МДж	
		на 1 кг д.р.	на 1 кг фізичної маси
1	2	3	4
<i>Азотні добрива:</i>			
сульфат амонію	20,5	80	16,4
аміачна селітра	34,5	80	27,8
натрієва селітра	16	80	12,8
кальцієва селітра	17	80	13,6
карбомід (мочевина)	46	80	36,8
хлористий амоній	26	80	20,8
сульфат амонію, натрію	14	80	11,2
аміачна вода	20,55	80	16,4
аміак рідинний	82	80	65,6

<i>Фосфорні добрива:</i>			
суперфосфат порошковий	18,7	13,8	2,8
суперфосфат гранульований	19,5	13,8	2,7
суперфосфат подвійний	46	13,8	6,4
фосфатшлак	10	13,8	1,4
Фосфоритне борошно	19	13,8	2,6
<i>Калійні добрива:</i>			
хлористий калій	60	8,8	5,3
калійна сіль	40	8,8	3,5
сульфат калія	48	8,8	4,2
сильвініт мелений	14	8,8	1,2
каїніт	10	8,8	0,9
<i>Складні добрива:</i>			
нітрофоска	12	51,5	6,2
нітрофос	24	51,5	19,6
амофос із апатиту	11	51,5	30,9
діамофос	19	51,5	34,5
нітроамофоска	14	51,5	21,6
нітроамофос	23	51,5	23,7
рідинні комплексні добрива	10	51,5	22,7
<i>Гербіциди:</i>			
амінна сіль 2,4 - ДА	40	264	105,8
агелон	50	264	132,0
алирокс	72	419,8	302,3
вернан	84	419,8	352,7
діален	40	264	105,6
дуал	50	420	210,0
зеанін (атразин)	50	264	132,0
линурон	50	264	132,0
лассо-атразин	48	420	201,5
нітазин	70	264	184,8
олео-гезаприм-400	40	420	168,0
прометрин	50	264	132,0
примекстра	50	420	210,0

рамрод (пропахлор)	65	264	171,6
реглон	33	420	138,5
сутан плюс	80	420	335,9
сурпас	80	420	335,9

Таблиця 1.6

**Фрагмент технологічної карти виробництва пшениці озимої.
Площа – 100 га, урожай зерна 5,0 т, незернової частини – 6,0 т**

Вид роботи	Якісні та об'ємні показники	Склад агрегату		Виробіток на 1 годину, га, т, м ³ . Кількість обсл. люд.	Витрата на 1 га	
		трактори, автомобілі, самохідні машини	с. г. машини, зчіпки		палива, кг; електроенергії, кВт · год	праці людини, люд · год
Лущення стерні	10...12 см	ХТЗ-181	ЛДГ-15	4,1	2,45	0,122
Сівба з внесенням суперфосфату	0,18 т 50 кг	ХТЗ-17021	SZM НІКА-6	4,4	3,3	0,125
Транспортування зерна	4 км 5 т	Volvo FN 13	—	20 т	6,85	1,43
Очищення і сушіння зерна	5 т	електродвигун 7,7 кВт	ЗВС-20А	25 т	7,7 кВт·год	0,400
і т.д.						
Разом						

Таблиця 1.7

**Енергетична оцінка технологічного процесу виробництва озимої пшениці.
Площа – 1 га, урожай зерна 5,0 т, незернової частини – 6,0 т**

Вид роботи	Енергоємність, МДж									
	Механізм		Паливо		Елект- роенер- гія	Доб- рива	Пести- циди	На- сіння	Праця людини	Разом
	трактори, автомобілі	с.г. маши- ни, зчіпки	диз- пальне	бен- зин						
Лущення стерні	23	36	195	–	–	–	–	–	5	254
Сівба з внесенням суперфосфату	42	131	262	–	–	135	–	5430	20	6020
Транспортування зерна	66	–	–	544	–	–	–	–	62	672
Очищення і сушін- ня зерна	–	1524	795	–	384	–	–	–	17	2720
і т.д.										
Разом	2148	3323	7049	3101	415	21639	2925	5430	1094	47124

Таблиця 1.8

Енергетичні еквіваленти автомобілів

Марка автомобіля	Енергетичний еквівалент, МДж/км
ГАЗ-3307	1,62
Volvo FN 13	2,07
КрАЗ-65053ІК	2,91
КрАЗ-255Б1	2,10

Таблиця 1.9

Енергетична структура врожаю озимої пшениці на 1 га посіву

Показник	Енергоємність,	
	МДж	%
Витрачено		
Механізми	5471	11,6
Пальне:	10150	21,6
бензин	3101	6,6
дизельне	7049	15,0
Електроенергія	415	0,90
Добрива	21639	45,9
Пестициди	2925	6,2
Насіння	5430	11,5
Праця людини	1094	2,3
Разом	47124	100,0

Одержано

Урожай:

зерна 5000 кг – (усушка 3 % + засміченість 2 % = 250 кг)
 = 4750 кг; 19,13 МДж/кг с.р. · 0,86 · 4750 кг = 78146 МДж;
 соломі 9,89 МДж/кг с.р. · 0,65 · 6000 = 3857 МДж.

Коефіцієнт енергетичної ефективності:

$$K_{ee} = \frac{78146 + 3857}{47124} = 1,74.$$

Таблиця 1.10

Маса найбільш поширених машин

Марка машини	Маса, кг	Марка машини	Маса, кг
1	2	1	2
<i>Трактори</i> <i>середній енергетичний еквівалент 0,0243 МДж/(кг · год)</i>			
New Holland T6050	9000	John Deere 6195M	7105
New Holland T7.315	12500	John Deere 6250R	10400
New Holland T8.410	16880	John Deere 8R 310	14000
New Holland T4	4300	John Deere 8R 370	14000
New Holland T5.110	4300	John Deere 8RT 310	16225
New Holland T9.615	25400	John Deere 9R 570	20371
Lovol FT 804	3450	MF 5700M	3000
Lovol FT 1304 AC	5250	MF 6700M	6000
XT3-17221	8620	MF 8S	13700
XT3-249K.20	8480	MF 8700S	12000
Case Maxxum 125	6500	MT3-1221	4640
Case Puma 210	12000	MT3-82	3400
Case Magnum 340	18000	MT3-892	4150
Case Quadtrac 600	24405	MT3-1025	3950
Fendt 700 Vario	7980	Valtra T	7300
Fendt 900 Vario	10900	Valtra A	4500
Fendt 900 Vario MT	15169	Valtra S	10300
<i>Комбайни зернозбиральні</i> <i>середній енергетичний еквівалент 0,151 МДж/(кг · год)</i>			
John Deere T 560	13500	New Holland CX6.90	13400
John Deere W 660	13500	New Holland CX8.90	15538
John Deere S 780	16500	New Holland TC4.90	8800
Case 5140	15500	Claas Tucano 440	12400
Case 6140	16200	Claas Trion 750	17000
Case 9250	21000	Claas Lexion 6000	17950

1	2	3	4
<i>Комбайни кукурудзо- та кормозбиральні середній енергетичний еквівалент 0,124 МДж/(кг · год)</i>			
Claas Jaguar 800 LRC	10800	John Deere 8400	11000
<i>Комбайни бурякозбиральні середній енергетичний еквівалент 0,098 МДж/(кг · год)</i>			
Grimme Maxtron 620	29500	Holmer Terra Felis	28000
<i>Автомобілі вантажні середній енергетичний еквівалент 0,0143 МДж/кг · год)</i>			
Газ 3307	7850	Маз 6501	19000
КрАЗ 6511 С4	13000	Man 26.410	12800
<i>Плуги середній енергетичний еквівалент 0,036 МДж/(кг · год)</i>			
ПЛН-8-40	2600	Велес-агро ПОН 5-40	2650
Lemken Diamant 16 7+1	3412	ПОН-4-35	1500
<i>Котки середній енергетичний еквівалент 0,102 МДж/(кг · год)</i>			
КЗК-10	4300	СКГ-2-3	546
ЗККШ-6	1835	З-ККН-8,4	~4000

Продовження табл. 2.10

<i>Борони середній енергетичний еквівалент 0,102 МДж/(кг · год)</i>			
БШГ-9	3925	ЗПБ-14	1670
<i>Культиватори середній енергетичний еквівалент 0,051 МДж/(кг · год)</i>			
КШУ-18	6156	КПС-4,0	1500
КШУ-12	3576	Днепропак-6,4	3400
КПЗ-9,7	3100	КРУ-3,7	1280
КШП-8	1360	КСР-5	965
КШП-8-01	1447	John Deere 2230 10.8	2250

1	2	3	4
<i>Комбіновані агрегати (машини)</i> <i>середній енергетичний еквівалент 0,094 МДж/(кг · год)</i>			
АКП-5	4900	KRM-6,0	3200
АКП-2,7	1900	KRM-7,2	3800
<i>Машини для внесення твердих органічних добрив</i> <i>середній енергетичний еквівалент 0,058 МДж/(кг · год)</i>			
ПРТ-10	4000	МТТ-Ф-13	5350
<i>Машини для внесення рідких органічних добрив</i> <i>середній енергетичний еквівалент 0,032 МДж/(кг · год)</i>			
РОУ-6М	2170	МЖТ-Ф-6,0	3100
МЖТ-Ф-13	5070	РЖТ-4М	2200
МЖТ-10	4100		
<i>Машини для захисту рослин (обприскувачі)</i> <i>середній енергетичний еквівалент 0,246 МДж/(кг · год)</i>			
ОПВ-2000	1350	Horsch Leeb LV	14500
Богуслав 4200.36	2000	John Deere R4045	15500
<i>Знаряддя для глибокого розпушування ґрунту</i> <i>середній енергетичний еквівалент 0,036 МДж/(кг · год)</i>			
Quivogne SSE-5E	600	Велес-Агро GLS-3	1170
Azoter 550 /10H	3190	SOIL WORKER-7	2140
<i>Дискові борони та луцільники</i> <i>середній енергетичний еквівалент 0,08 МДж/(кг · год)</i>			
БДВ-6,5	3600	БДС-3	670
БДВ-6,0	3400	БДН-2,6	900
БДВ-3	2100	ЛДГ-10	2480
<i>Сівалки</i> <i>середній енергетичний еквівалент 0,107 МДж/(кг · год)</i>			
СЗ-3,6А	1500	Elvorti Vega 8 profi	2770
СЗФ-6000-V	3400	Elvorti Astra 4	2260
Horsch Pronto 6 DC	6500	Vaderstad Rapid 600c	7300
Horsch Focus 6 TD	10250	Vaderstad Tempo TPF 8	3800
Horsch Pronto 9 SW	13200	Vaderstad Tempo TPL 12	7800

Співвідношення між одиницями енергії

1 кг дизельного пального = 1,45 кг умовного пального (ум. п.);
1 кг автомобільного бензину = 1,50 кг ум. п.;
1 кВт · год = 0,12 кг ум. п.; 1 кг ум. п. = 7000 ккал;
1 кг ум. п. = 29,33 МДж; 1 МДж = 0,034 кг ум. п.;
1 МДж = 0,278 кВт · год; 1 кВт · год = 3,6 МДж;
1 ккал = 4,19 кДж = 0,00419 МДж; 1 ккал = 1,163 Вт · год;
1 ккал = 427 кгм; Дж = 0,239 ккал; 1 МДж = 239 ккал;
1 кДж (кілоджоуль) = 10^3 Дж; 1 МДж (мегаджоуль) = 10^6 Дж;
1 ГДж (гігаджоуль) = 10^9 Дж; 1 ТДж (тераджоуль) = 10^{12} Дж.

Контрольні запитання

1. Що таке енергетичний еквівалент?
2. Поясніть різницю між непоновлюваною та поновлюваною енергією.
3. Яке співвідношення між одиницями вимірювання кількості енергії – ккал і МДж?
4. Як визначити енергетичний еквівалент трактора, с.-г. машини?
5. Як визначити кількість енергії, що міститься у вирощеній продукції?
6. Як визначити енергоємність витраченого пального?
7. Що таке усушка зерна і чому її враховують при розрахунку кількості енергії?
8. Як визначити енергоємність добрив?
9. Як визначити коефіцієнт енергетичної ефективності?
10. Які технології вирощування с.-г. культур ви знаєте?

Короткий запис лекції з даної теми можна завантажити і переглянути тут:

- для ноутбука:

<https://www.youtube.com/watch?v=CMASLX3AXKE>

<https://www.youtube.com/watch?v=01hulmj2i7Y>

- для смартфона:



2. ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ ВИКОНАННЯ МЕХАНІЗОВАНИХ ОПЕРАЦІЙ В РОСЛИННИЦТВІ ЗА ЕНЕРГОВИТРАТАМИ

2.1. Методика обґрунтування складу МТА

Відомо, що одну і ту ж технологічну операцію можна виконати різними машинно-тракторними агрегатами (МТА).

Первинними даними для вибору і обґрунтування МТА) є змінні норми виробітку $W_{зм}$ та витрати палива $H_{пал}$.

Всі розрахунки ведуть на 1 га.

За змінною нормою виробітку знаходять годинну норму виробітку $W_{год}$, га/год

$$W_{год} = \frac{W_{зм}}{7}, \quad (2.1)$$

де $W_{зм}$ – змінна норма виробітку, га/зм;

Кількість нормо-годин визначають за формулою, год/га

$$H_{год} = \frac{1}{W_{год}}. \quad (2.2)$$

Енергоємність машинного агрегату (МДж/га) становить

$$E_{ма} = H_{год} (\alpha_{ез} + \alpha_{сзм} + \alpha_3), \quad (2.3)$$

де $\alpha_{ез}$, $\alpha_{сзм}$, α_3 – енергетичний еквівалент енергетичного засобу, с.-г. машини, зчіпки відповідно, МДж/год (табл. 2.4).

Енергоємність палива (МДж/га) дорівнює

$$E_{пал} = H_{пал} \cdot \alpha_n, \quad (2.4)$$

де $H_{пал}$ – норма витрати палива, кг/га; визначають за нормативами;

α_n – енергетичний еквівалент палива; $\alpha_n = 79,5$ МДж/кг.

Витрати праці механізатора визначають за формулою:

$$З_{мех} = \frac{n_{мех}}{W_{год}}, \quad (2.5)$$

де $n_{мех}$ – чисельність механізаторів, що обслуговують агрегат в одну зміну.

Витрати праці допоміжних працівників :

$$З_{\partial on} = \frac{n_{\partial on}}{W_{\partial od}}, \quad (2.6)$$

де $n_{\partial on}$ – чисельність допоміжних працівників, що обслуговують агрегат в одну зміну.

Загальні витрати праці людини (год/га) у разі роботи агрегату в одну зміну

$$З_{nl} = З_{mex} + З_{\partial on}. \quad (2.7)$$

Енергоємність праці людини (МДж/га)

$$E_{nl} = З_{mex} \cdot \alpha_{mex} + З_{\partial on} \cdot \alpha_{\partial on}. \quad (2.8)$$

Загальні витрати енергії на виконання технологічної операції

$$E_3 = E_{ma} + E_{nal} + E_{nl}. \quad (2.9)$$

Розрахунки проводять для кожного складу агрегату з метою виконання технологічної операції в оптимальні агротехнічні терміни і визначають агрегат за найменшою енергоємністю.

Короткий запис лекції в двох частинах з даної теми можна завантажити і переглянути тут:

- для ноутбука:

<https://www.youtube.com/watch?v=7ZamCc04N30>

<https://www.youtube.com/watch?v=KNfDXJ-gVLU>

- для смартфона:



Розглянемо декілька практичних завдань.

Приклад 1. Обґрунтувати склад агрегату на луценні стерні дисковими лудильниками за енергоємністю операції для четвертої групи господарства.

Для агрегату з трактором ХТЗ-17021 і луцильником ЛДГ-15 за нормативами знаходимо, що змінна норма для (IV група господарств) становить 52,8 га/зм, а витрата палива 3,1 кг/га.

Продуктивність агрегату за годину обчислюють за формулою (2.1)

$$W_{\text{год}} = \frac{52,8}{7} = 7,53 \text{ га/год.}$$

Кількість нормо-годин за формулою (2.2) становить

$$H_{\text{год}} = \frac{1}{7,53} = 0,133 \text{ год.}$$

Енергетичні еквіваленти складають:

♦ для трактора ХТЗ-17021 $\alpha_{\text{ез}} = 206,1$ МДж/год;

♦ для луцильника ЛДГ-1 $\alpha_{\text{схм}} = 301,2$ МДж/год

(табл. 1.4).

Енергоємність агрегату за формулою (2.3) становить

$$E_{\text{ма}} = 0,133 \cdot (206,1 + 301,2) = 67,5 \text{ МДж/га.}$$

Енергоємність палива за формулою (2.4) дорівнює

$$E_{\text{нал}} = 3,1 \cdot 79,5 = 246 \text{ МДж/га.}$$

Витрати праці за формулою (2.5) дорівнюють

$$Z_{\text{мех}} = \frac{1}{7,53} = 0,133 \text{ год.}$$

Оскільки допоміжних працівників на агрегаті при луценні стерні немає, то загальні витрати праці $Z_{\text{пл}} = Z_{\text{мех}}$.

Енергетичний еквівалент праці людини для механізатора становить $\alpha_{\text{мех}} = 43,4$ МДж/год (табл. 1.1).

Енергоємність праці людини за формулою (2.8) дорівнює

$$E_{\text{пл}} = 43,4 \cdot 0,133 = 5,8 \text{ МДж/га.}$$

Загальні витрати енергії на виконання технологічної операції луцення стерні дисковими луцильниками за формулою (2.9) складають:

$$E_3 = 64,4 + 246 + 5,8 = 316,2 \text{ МДж/га.}$$

Аналогічно підраховують загальні витрати енергії для іншого складу агрегату та записують до табл. 2.1. За отриманими даними будують графік зміни енергоємності лушення стерні різними агрегатами (рис. 2.2).

Лушення дисковими лущильниками на глибину 6...8 см застосовується при інтенсивній, мінімальній, енергозберігаючих технологіях, як ефективний засіб збереження ґрунтової вологи та знищення бур'янів, розпушення поверхні ґрунту.

Енергоємність лушення стерні дисковими лущильниками (табл. 2.1 та рис. 2.2) змінюється від 300 МДж/га до 381, тобто на 27 %. Найменша енергоємність лушення стерні при роботі агрегатів ХТЗ-181 + ЛДГ-15 (300 МДж/га) і ХТЗ-17201 + ЛДГ-15 (316 МДж/га), і тому їх доцільно використовувати при виконанні цієї операції в господарствах.



Рис. 2.1. Приклад вибору оптимального посівного агрегату за різними чинниками

Необхідно розуміти, що для конкретного підприємства оптимальний склад посівного МТА буде, так би мовити, «свій». Для великих холдингів, це будуть широкозахватні високопродуктивні і дорогі машини, для малих підприємств – менш продуктивні і дешевші.

Таблиця 2.1

Розрахунок енергоємності операції лушення стерні дисковими луцильниками
(IV група господарств)

№ п/п	Склад агрегату	Продук- тивність		Нормо- годи- ни, год	Енер- гоєм- ність агрега- ту, МДж/ га	Витра- та па- лива, кг/га	Енер- гоєм- ність палива, МДж/ га	Витрата праці, год			Енергоєм- ність, МДж/га	
		за змі- ну, га/ зм	за годи- ну, га/ год					механі- затора	допо- міжно- го пра- ців- ника	разом	праці люди- ни	опе- рації
1	ХТЗ-17201+ЛДГ-15	52,8	7,53	0,133	64,4	3,1	246	0,133	—	0,133	5,8	316,2
2	ХТЗ-181+ЛДГ-15	51	7,28	0,137	64,5	2,9	230	0,137	—	0,137	5,9	300,4
3	JD6125M+ЛДГ-10	29,8	4,26	0,235	83,5	3,4	270	0,235	—	0,235	10,2	363,7
4	МТЗ-82.1+ЛДГ-5	19,5	2,79	0,358	58,4	3,4	270	0,358	—	0,358	15,5	343,9
5	ЮМЗ-8070+ЛДГ-5	18,3	2,61	0,383	62,4	3,8	302	0,383	—	0,383	16,6	381,0
6	Т-40М+ЛДГ-5	14,8	2,11	0,474	71,6	3,4	270	0,474	—	0,474	20,6	362,2

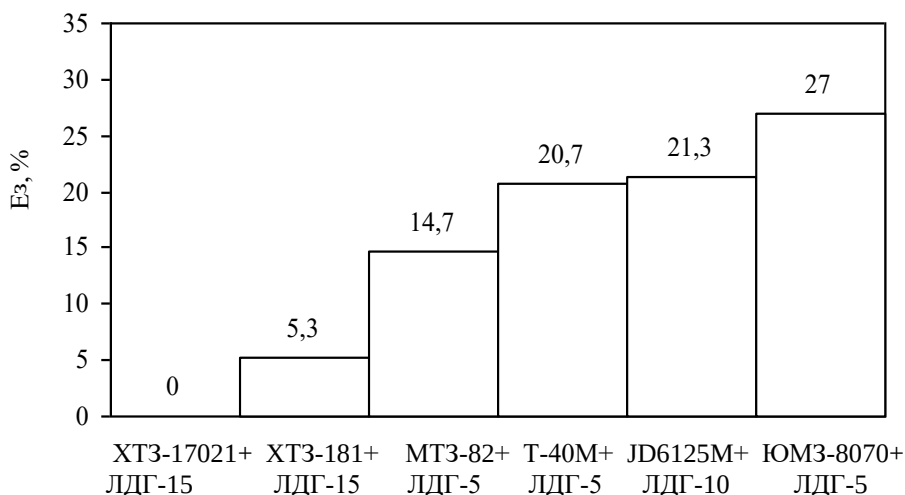


Рис. 2.2. Енергоємність лушення стерні різними агрегатами

У невеликих господарствах (фермерських тощо) можна використовувати на лушення стерні агрегати МТЗ-82.1 + ЛДГ-5 (344 МДж/га) і Т-40М + ЛДГ-5 (362 МДж/га), при цьому енергоємність лушення стерні збільшується відповідно на 14,7 і 20,7 %. Найбільше збільшення енергоємності лушення дають агрегати ЮМЗ-8070 + ЛДГ-5 (27 %), тому його недоцільно використовувати в технологічних процесах.

Також здобувачам пропонується самостійно визначити енергоємність лушення стерні агрегатами на основі енергозасобів типу Mahindra 8000 4WD, John Deere 6175M, John Deere 6930D та інших.

Енергоємність усіх технологічних операцій, що базуються на тяговій основі – лушення, оранка, культивування, прикочування, міжрядний обробіток – визначається за методикою, наведеною вище. Основне завдання – точно визначити складові формули розрахунку енергоємності: маса трактора та с.-г. машини, продуктивність, витрата пального.

2.2. Енергоємність тягово-провідних МТА

2.2.1. Енергоємність внесення органічних добрив

Енергоємність внесення органічних добрив змінюється від 2095 МДж/га у агрегата John Deere 8335R та розкидача ПРТ-16 до 2480 МДж/га у агрегата ЮМЗ-8073 + 1ПТУ-4, що зумовлює підвищення енергоємності операції на 18,4 % (табл. 2.5).

Отже, технологічну операцію по внесенню органічних добрив доцільніше виконувати агрегатом у складі John Deere 8335R або ХТХ-17201 з розкидачами ПРТ-16 та ПРТ-10, у яких незначний відсоток підвищення енергоємності – 0,6 %. Але ці агрегати недоцільно використовувати у невеликих фермерських господарствах, де ефективніше використовувати агрегати у складі тракторів тягового класу 1,4 та розкидачів типу РОУ-5 або їх аналогів. (рис. 2.3). Слід зауважити, що раціональність використання конкретного агрегату має обґрунтовано для конкретних умов виробництва і навіть конкретної виробничої ситуації. Детальніше з такими методами (метод Парето, метод відстані до цілі) можна ознайомитися, обравши вибірку дисципліну «Аналіз технологічних систем».

Таблиця 2.2

Енергоємність внесення органічних добрив

Склад агрегату	Продуктивність, га/зм	Витрата палива, кг/га	Затрати праці (нормо-годин) год/га	Енергоємність, МДж/га			
				агрегата	палива	праці людини	разом
JD8335R+ПРТ-16	5,3	16	1,21	769,4	1272	52,5	2095
ХТЗ-172021+ПРТ-10	5,4	19	1,3	539,4	1510,5	56,4	2106
МТЗ-80+РОУ-5	2,6	19,5	2,7	520,6	1550,3	117,2	2188
МТЗ-82+РОУ-5	2,6	19,5	2,7	534,3	1550,3	117,2	2202
ЮМЗ-8073+РОУ-5	2,4	20	2,92	562,1	1590	126,7	2279
ЮМЗ-8073+1ПТУ-4	1,6	19,8	4,38	716,1	1574,1	190,1	2480

Графічна інтерпретація результатів розрахунків наведена на рис. 2.3.

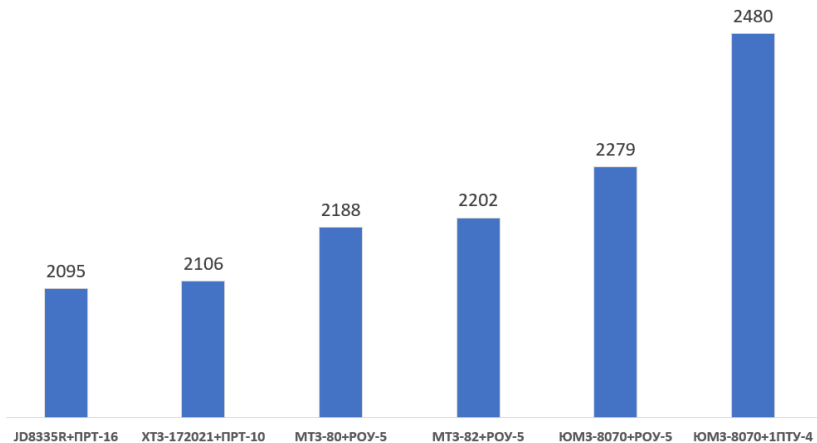


Рис.2.3. Енергоємність внесення органічних добрив різними агрегатами

Слід пам'ятати, що максимальна енергоємність технологічного процесу не є остаточно негативним фактором. Першочергово слід керуватись агровимогами, зокрема, термінами виконання операції.

2.2.2. Енергоємність внесення мінеральних добрив

Внесення мінеральних добрив – високопродуктивна технологічна операція. Наприклад, агрегат у складі трактора класу 1.4 і навісного розкидача мінеральних добрив типу МВД-900 на полях 1 групи господарств може мати продуктивність близько 66 га / зм. Проте, ця операція так само й енергонасичена. Джерелом використаної енергії тут є саме мінеральні добрива. І її точний розподіл по площі поля – основне завдання технологічної операції. Для традиційного землеробства основне завдання даної операції – внести задану норму з мінімально допустимими відхиленнями

(регламентуються агро вимогами) на всю площу внесення. Для точного землеробства – забезпечити диференційовану подачу мінеральних добрив у кожен визначену ділянку поля, в залежності від родючості ґрунту, його вологазабезпеченості та інших факторів. Для визначення енергоємності технологічної операції внесення мінеральних добрив запропоновано шість різних агрегатів. Результати розрахунків занесено до табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Енергоємність внесення мінеральних добрив

Склад агрегату	Продуктивність, га/зм	Витрата палива, кг/га	Затрати праці (нормо-годин) год/га	Енергоємність, МДж/га			
				агрегата	палива	праці людини	разом
Solis S50*+НРУ-0,5	21	1,1	0,33	29	87	15	131
MT3-80+РУМ-5	44	2,1	0,16	35	167	7	209
ХТ3-17021+РУМ-8	47	2,0	0,15	62	159	6	228
MT3-80+1-РМГ-4	25	2,1	0,28	50	167	12	230
ЮМЗ-8073+1-РМГ-4	22	2,0	0,32	57	159	14	230

*трактор індійського виробництва, детальніше про трактор тут <https://www.youtube.com/watch?v=liMOCdL0X1U>



Із результатів, наведених у табл. 2.5, можна побачити, що найменші енергозатрати на внесенні мінеральних добрив має агрегат у складі трактора МТЗ-80 та розкидача РУМ-5 (209 МДж/га).

При підвищенні сільськогосподарських культур кращі енергетичні показники має агрегат Solis S50 + НРУ-0,5 (131 МДж/га), але цей агрегат має низьку продуктивність на 52,3 % нижче ніж у агрегата МТЗ-80 + РУМ-5 на внесенні основної дози мінеральних добрив під оранку. Доцільно здобувачам розрахувати енергоємність агрегату Solis S50 + РУМ-1000, так як маса трактора і потужність двигуна, можуть дозволити реалізувати технологічний процес.

Найбільші витрати енергії у агрегатів МТЗ-80 + 1РМГ-4 та ЮМЗ-8073 + 1РМГ-4 (230 МДж/ га) і в порівнянні з агрегатом МТЗ-80 + РУМ-5 (209 МДж/ га) підвищується енергоємність внесення мінеральних добрив на 10 %.

2.3. Дослідження енергоємності оранки

Оранка – найбільш енергоємна технологічна операція у землеробстві. Більшість конструкторських та технологічних рішень направлені на зменшення її енергоємності. Це досягається, як правило двома методами: застосуванням форми робочих органів і нових матеріалів.

Науковою школою «Полімерні композити в АПК», яка функціонує в Дніпровському ДАЕУ з 1976 року, у відому класифікацію плугів лемішних уведено новий пункт «За видом матеріалів робочих органів», у якому визначено два пункти: металеві та полімерні (рис.2.4).



Рис. 2.4. – Удосконалена класифікація лемішних плугів

Заявлена класифікація буде у повній мірі відповідати наявним на світовому ринку плугам лемішним.

Енергоємність оранки (табл. 2.4) змінюється від 1184 МДж/га до 1479, тобто на 25 %. Найменші витрати енергії при оранці у агрегатів ХТЗ-17021 + ПЛП-6-35 (1184 МДж/га), агрегата John Deere 6930D+Kuhn-5 Vary (1237 МДж/га) – підвищення енергоємності на 7,4 % та агрегата ХТЗ-150К-09 + ПЛН-5-35 (1265 МДж/га) – підвищення енергоємності на 7,6 % (рис. 2.5). Тобто такі агрегати доцільно використовувати товаровиробниками на оранці.

Найбільше зростання енергоємності оранки дають агрегати МТЗ-82.1 + ПЛН-3-35 (25 %), JD 8335R+JD-3310 (17 %) та ЮМЗ-8070 + ПЛН- 3-35 (16 %), тому їх утримання і використання в малих підприємствах буде більш вартісним.

Таблиця 2.4

Енергоємність оранки

Склад агрегату	Продуктивність, га/зм	Витрата палива, кг/га	Затрати праці (нормо-годин) год/га	Енергоємність, МДж/га			
				агрегата	палива	праці людини	разом
ХТЗ-17021+ПЛП-6-35	10,7	12,8	0,65	148	1018	18	1184
JD6930D+Kuhn-5 Vary	7,1	12,4	0,98	209	986	43	1237
ХТЗ-150К-09+ПЛН-5-35	9,3	13,5	0,75	159	1073	33	1265
ЮМЗ-8073+ПЛН-3-35	4,4	14,3	1,59	152	1137	69	1357
JD 8335R+JD-3310	16,1	14,9	0,43	174	1185	19	1377
МТЗ-82.1+ПЛН-3-35	4,7	16	1,49	142	1272	65	1479

Однак, ці ж агрегати можуть бути інакше оцінені у великих агропідприємствах, яким необхідно виконати вчасно цю операцію на значних площах. Тож в у цьому випадку критерій *своєчасності виконання робіт* переважає за корисністю критерій *величини енергоємності*. Тому, важливо розуміти про

диференційований підхід при проектуванні технологічних процесів у рослинництві і враховувати максимум корисних та негативних факторів у конкретній виробничій ситуації. Немає «спільного знаменника» в ефективності вибору МТА для різних за площею та структурою МТП підприємств.

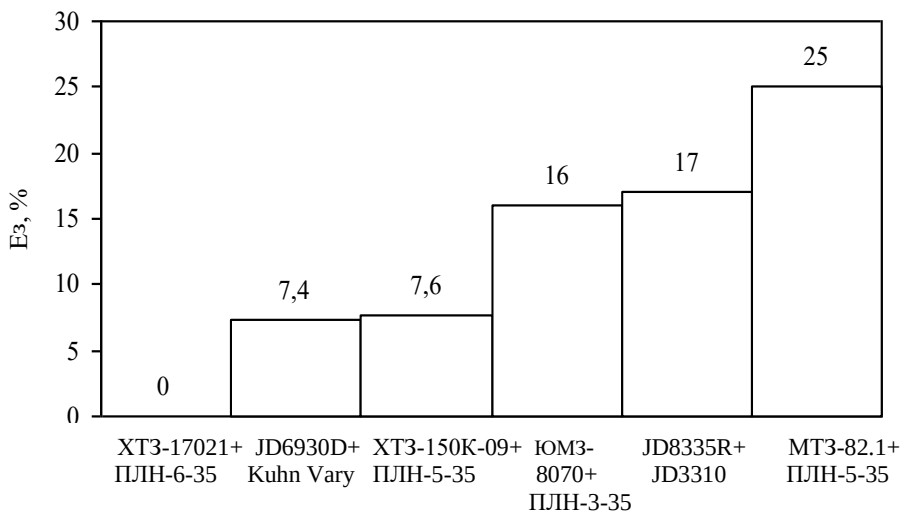


Рис.2.5. Енергоємність оранки

При обґрунтуванні орного агрегату слід пам'ятати про повне виконання агротехнічних вимог до цієї операції: чи зможе обраний агрегат їх забезпечити?

2.4. Дослідження енергоємності суцільної культивуції

Енергоємність суцільної культивуції змінюється в значних межах (табл. 2.5) в залежності від складу агрегата від 277 до 398 МДж/га, тобто на 46, 3%.

Найменша енергоємність суцільної культивуції при роботі агрегатів Т-70С + 2КПС-4 (277 МДж/га), ДТ-75М + 2КПС-4 (278 МДж/га), ЮМЗ-6АКЛ + КПС-4 (287) та Т-150К + 3КПС-4

(294 МДж/га). Такі агрегати раціонально використовувати при виконанні цієї технологічної операції (рис. 2.6).

При використанні агрегатів Т-150К + КПШ-9 та МТЗ-80 + КПС-4 енергоємність суцільної культивуції збільшується відповідно на 14,9 і 21,8 %. Найбільше збільшення енергоємності суцільної культивуції дає агрегат К-700А + КПШ-9 (398 МДж/га) – збільшення на 46,3 %.

Таблиця 2.5

Енергоємність суцільної культивуції

Склад агрегату	Продуктивність, га/зм	Витрата палива, кг/га	Затрати праці (нормо-годин) год/га	Енергоємність, МДж/га			
				агрегата	палива	праці людини	разом
JD 6125M+КПС-8 «Схід»	36,8	2,6	0,19	63	207	8	278
ЮМЗ-8073+КПС-4	21,5	2,6	0,33	66	207	14	287
ХТЗ-17721 + БПК-8	53,7	2,8	0,13	66	223	6	294
JD 8335R+JD 2210	43,7	4,2	0,16	58	333	7	398



Рис.2.6. Агрегат ХТЗ-17721 + БПК-8

2.5. Дослідження енергоємності сівби

У табл. 2.6 наведені результати дослідження нергоємності сівби озимої пшениці. Як видно, цей показник змінюється від 579 МДж/га до 652, тобто різниця між енергоменістю сівби різними МТА складає 11,2 %. Ця різниця для запропонованих агрегатів є незначною. Більшу роль тут грає продуктивність агрегатів, їх вартість та якість посіву.

Таблиця 2.6

Енергоємність сівби озимої пшениці

Склад агрегату	Продуктивність, га/зм	Витрата палива, кг/га	Затрати праці (нормо-годин), год/га	Енергоємність, МДж/га			
				агрегата	палива	праці людини	разом
John Deere 8420+JD 1890	44,1	5,8	0,159	111,3	461,1	6,9	579,3
Fendt 722 Vario + Horsch Pronto 6 DC	40,6	5,6	0,172	153,3	445,2	7,5	606,0
John Deere 8420+Orion -9,6	37,1	6,1	0,189	193,1	485,0	8,2	686,3
John Deere 6250R+Vad erstad Rapid 600c	41,2	5,9	0,170	175,6	469,1	7,4	652,1

Слід звертати увагу, що за класичної технології землеробства дуже важливу роль грає якість підготовки ґрунту під сівбу. Неякісна підготовка поверхні ґрунту зумовлює виникненню коливань, вібрації сівалок (рис. 2.7), що значно погіршує якість висіву через несанкціоноване скидання насіння з висівних дозаторів (рис. 2.8).

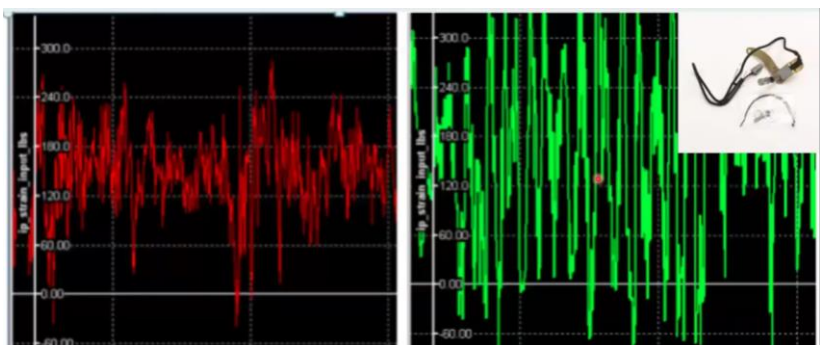


Рис. 2.7. Наявні вібрації в посівних машинах, зафіксовані датчиками. Дані компанії Precision Planting

Такий відрив насіння (рис. 2.7) спонукає до порушення відстані між насінинами, наявність подвійного укладання насіння, пропусків і т.д. За класичного землеробства вібраціям спонукають залишки звальних гребнів та розвальних борозен від оранки, неякісна культивация (наприклад, з недотриманням стабільної глибини обробітку); за технологією No-Till причиною виникнення вібрацій може бути нерівномірне ущільнення поверхневого шару ґрунту.



Рис. 2.8. Несанкціонований і ранній відрив насінин від отворів висівного апарату через наявність вібрації

Варто мати на увазі, що технічний стан механізмів копіювання рельєфу також має суттєвий вплив на характер вібрацій.

2.6. Дослідження енергоємності прямого комбайнування посівів озимої пшениці

Енергоємність прямого комбайнування посівів озимої пшениці (табл. 2.7) змінюється від 1063 МДж/га до 1246,3, тобто на 11,7 %. Найменші витрати енергії при збиранні врожаю у комбайнів Case IH 9240 з жаткою MacDon FD 75 та у комбайна JD 670i. Зауважимо, що використання широкозахватної жатки, типу MacDon FD 75 дозволяє не тільки зменшити енергоємність технологічного процесу збирання, але в першу чергу і зменшується техногенне навантаження на ґрунт. Такі збиральні агрегати доцільно застосовувати за мінімальних, ґрунтоощадних та нульових технологій вирощування с.-г. культур.

Таблиця 2.7

Енергоємність прямого комбайнування посівів озимої пшениці

Склад агрегату	Продуктивність, га/зм	Витрата палива, кг/га	Затрати праці (нормо-годин), год/га	Енергоємність, МДж/га			
				агрегата	палива	праці людини	разом
JD 670 i	29,6	9	0,236	401,0	715,5	10,3	1126,8
New Holland CX6.90	28,1	9,2	0,249	504,0	731,4	10,8	1246,3
Case Axial Flow 8250	30,1	9,4	0,175	484,2	747,3	7,6	1239,1
Case IH 9240 + MacDon FD 75	36,6	7,8	0,26	424	620	19	1063

Висновки. Проведене дослідження енергоємності складу машинно-тракторних агрегатів та збиральних комбайнів

показало, що енергоємність технологічних процесів вирощування сільськогосподарських культур змінюється в значних межах. Тому при складанні технологічних карт вирощування сільськогосподарських культур необхідно вибирати агрегати, які витрачають менше енергії.

Контрольні запитання

1. У чому полягає методика обґрунтування складу МТА?
2. Як розрахувати енергоємність технологічної операції?
3. На основі яких результатів здійснюється вибір МТА для виконання певної технологічної операції?
4. Назвіть складові формули для визначення енергоємності витраченого пального.
5. Як розрахувати енергоємність праці людини?
6. Які заходи зменшення енергоємності оранки?
7. Особливості визначення енергоємності тягово-привідних агрегатів.
8. Як розрахувати енергоємність сівби.
9. Як розрахувати енергоємність машинного агрегату.
10. Як розрахувати енергоємність прямого комбайнування.

3. РОЗРОБКА ПЛАНУ МЕХАНІЗОВАНИХ РОБІТ ЗА РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

3.1. Основні аспекти

Мета і методика розробки плану механізованих робіт розглядалися на бакалавріаті спеціальності 208 Агроінженерія. Нагадаємо деякі особливості.

Перед складанням плану механізованих робіт (технологічної карти) аналізують природні агрокліматичні умови господарства, конфігурацію та довжину гонів, похил місцевості. Ці фактори значною мірою впливають на вибір технології вирощування культури, склад машинно-тракторного агрегату (МТА), його продуктивність та витрату палива. Як правило, такі плани зручно складати в ПЗ Microsoft Excel. Однак в сучасному землеробстві широкого вжитку набули онлайн-платформи як платні, так і безкоштовні, які зручні як у плануванні, так і у використанні (рис. 3.1). Такі плани доступні користувачеві в будь-якій точці світу, де є доступ до інтернету.

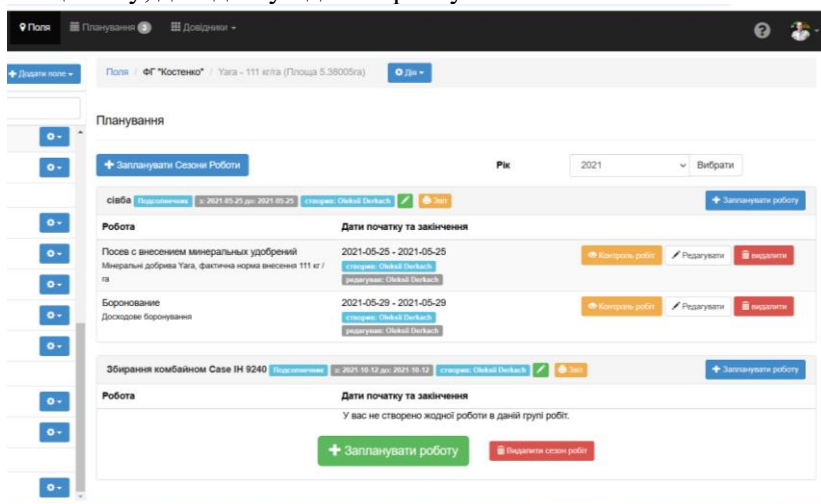


Рис. 3.1. Приклад планування технологічних операцій в застосунку «Агропрофіль»

Технологічні карти можна складати в інтерактивному режимі в різних застосунках, програмному забезпеченні різних виробників с.-г. техніки (AFS, Storwise, Агро-Онлайн і т.д.). Вони містять таку ж інформацію, як і у звичайних електронних таблицях Excel (див. додаток 1), але так само можуть містити й багато іншої допоміжної інформації, к тому числі й облікової та можуть бути застосовані, як онлайн-актуальні діючі плани.

У процесі складання технологічної карти необхідно мати такі первинні дані: назва культури, історію поля (попередники, погодні умови, МТА, які застосовувалися); площа поля, га; планова врожайність даної культури (основної і побічної), т/га; норма витрати насіння, п.о., кг/га; розчинів пестицидів, л/га; норма внесення добрив (органічних та мінеральних) – відстань їх перевезення.

Якщо деякі первинні дані не вказані в завданні, то необхідно прийняти самостійно раціональне рішення щодо виробничого планування; знайти відповіді у навчально-наукових джерелах; онлайн-ресурсах і т.д., представників виробників техніки та у постачальників насіння і ЗЗР тощо. Коли вихідні дані визначені, переходять до складання плану механізованих робіт за обраною технологією.

3.2. Види технологій вирощування та принципи обґрунтування агрегатів

Нагадаємо основні види існуючих сьогодні технологій та які фактори слід враховувати при плануванні технологічних операцій та складанні плану механізованих робіт. І спочатку нагадаємо, що таке *технологія*.

Технологія виробництва с.-г. продукції – це впорядкована в часі та просторі сукупність операцій, засобів і ресурсів, яка забезпечує досягнення поставленої виробничої мети. За будь-якої технології повинна зберігатись та підвищуватись родючість ґрунтів. Тобто, максимальна урожайність за будь-яких умов не є метою сучасних технологій. Завдання має формулу: максимальна урожайність за оптимальних витрат і при збереженні ґрунту.

Розглянемо найбільш поширені сьогодні технології вирощування.

Інтенсивна технологія передбачає створення оптимальних умов для розвитку рослин, внесення науково обґрунтованих доз мінеральних та органічних добрив. Відповідно до потреб рослин вносять необхідні мікроелементи, регулятори росту, здійснюють операції щодо захисту рослин від бур'янів, шкідників та хвороб. Присутній інтенсивний механічний обробіток ґрунту. Інтенсивні технології вирощування с.-г. рослин набули широкого запровадження на початку та в середині ХХ століття. Після Першої та Другої світових воєн відбувалися швидкі темпи приросту населення Землі. Нагодувати людей за тодішнього рівня механізації можна було лише застосовуючи інтенсивні технології. Хоч витрати були й значними, але те, що люди хотіли отримувати в достатній кількості – їжу – вони отримували.

Приклад класичного переліку технологічних операцій за інтенсивною технологією: оранка, дискування, ранньовесняне боронування, культивування передпосівна (тут можливі варіації), сівба, механічний та хімічний догляд за посівами, збирання.

У той же час вплив рушіями енергетичних засобів, так і багатократною механічною дією робочих органів с.-г. техніки призводили до прискореної деградації ґрунтів. Деградація проявлялася в тому, що вже без суттєвих доз внесення мінеральних добрив добрий врожай отримати було важко або й неможливо. Помітні суттєві втрати ґрунтової вологи. Структурність ґрунту була порушена, ставали більш помітні результати водної та вітрової ерозії.

Вчені почали шукати нові технології. Дамо коротку характеристику деяким з них, найбільш відомих сьогодні в Україні.

Мінімальна технологія передбачає зменшення негативно-го впливу механізованого обробітку на ґрунт, скорочення енергетичних, трудових та матеріальних витрат на виконання операцій.

На обробіток ґрунту припадає близько третини всіх витрат, яких потребує вирощування с.-г. культур, і обґрунтована економія цих витрат буде сприяти підвищенню рентабельності виробництва.

Основні напрями мінімалізації обробітку ґрунту такі: зменшення кількості та глибини обробітку, поєднання кількох технологічних процесів в одному комбінованому агрегаті, заміна енергоємних заходів обробітку менш енергоємними тощо. Наприклад, відвальну оранку заміщують плоскорізним безвідвальним обробітком тощо. Створення мульчі є пріоритетним завданням і дає позитивний ефект (уникнення прямих сонячних променів, збереження вологи, активізація процесів розкладання рослинних решток тощо).

Мінімальна технологія може бути застосована тільки на полях, які мають низький або середній рівень засміченості бур'янами та високу культуру обробітку ґрунту.

Ґрунтозахисна технологія забезпечує підвищення або збереження родючості ґрунтів шляхом усунення причин машинної та природної деградації ґрунтів (ущільнення, повітряна та водна ерозія, винесення гумусу та інших складових родючості). Передбачає наявність пожнивних решток на поверхні поля, застосування покривних культур, гусеничної техніки тощо.

Смугова технологія – Strip-Till спрямована на смуговий механічний обробіток ґрунту на глибину довжини кореневої системи культур та одночасне внесення добрив локально в оброблюваний рядок на задану глибину. Вона має переваги всіх ощадних технологій: економію пального, збереження ґрунтової вологи, раціональне використання ресурсів в цілому та ін. Вимагає застосування спеціального обладнання та технологій точного землеробства, наявність РТК підвищує ефективність ведення агрегату по заданій траєкторії. Вимагає середніх та легких ґрунтів, гірше показує себе на важких чорноземах. Детальніше про технологію можна дізнатись тут:

<https://healthysoil.in.ua/shcho-take-strip-til-perevahy-ta-nedoliky/>

Нульова технологія – No-Till передбачає сівбу насіння в необроблений ґрунт. Ефективне запровадження нульової технології можливе у разі застосування гербіцидів для боротьби з бур'янами та спеціальних широкозахватних посівних комбінованих агрегатів типу Case IH MX 380 + Horsch Maestro MW 36.50 (Turbosem II 19-60, John Deere 1890), самохідних обприс-

кувачів типу John Deere 4830/4930/4030 та ін.; збиральних комбайнів типу Case IH 9240 + MacDon FD 75 та іншої аналогічної техніки. Для транспортування зерна від комбайнів до автотранспортних засобів використовуються агрегати Case IH MX 340 + Kinze 1350. Для реалізації нульової технології обробки ґрунту поля повинні бути максимально вирівняними. Слід пам'ятати, що в перші 2...3 роки від початку застосування технології економічний ефект може бути негативним через різке зниження урожайності. У наступні роки, за рахунок природнього розуцільнення та структуризації орного та підорного шару ґрунтів, урожайність почне зростати, а економічні витрати – знижуватись. Прикладом тривалого застосування технології No-Till є агропідприємство ТОВ «Агро КМР» на Дніпропетровщині, яке застосовує її з 2006 року (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Збирання врожаю пшениці, вирощеної за технологією No-Till. Процес вивантаження зерна з комбайна Case IH 8120 + MacDon FD-70 в бункер перевантажувач Kinze-850

Складаючи технологічну карту, слід пам'ятати, що сучасні технології мають ознаки й інтенсивних, і мінімальних, і ґрунтозахисних, і ресурсозберігаючих.

Як приклад у табл. 3.1 – 3.2 наведено технологічні карти вирощування культур за мінімальною, з ознаками ґрунтозахисної, та інтенсивною технологіями.

За мінімальної технології, у даному випадку, відмовились від полицевої оранки, з метою збереження ґрунтової вологи. Проте проводимо лущення на глибину 6...8 см для забезпечення традиційних агровимог стосовно розпушення ґрунту, знищення бур'янів, вирівнювання поверхні поля. Наступна операція – «Дискування» на глибину 10...12 см, проводиться з метою знищення пророслих бур'янів і загортання їх решток в ґрунт, розпушення ґрунту, коток вирівнює ґрунт. Розпушення на таку глибину буде сприяти більш інтенсивному накопиченню вологи та збереження пористої (пухкої) структури ґрунту. Зазначимо, що за мінімальної ґрунтозахисної технології більше жодних механічних операцій з підготовки ґрунту не проводиться. Можливий контроль бур'янів самохідними (бажано) або причіпними обприскувачами.

Сівба проводиться посівним агрегатом John Deere 8345RT + John Deere 1890. Це сівалка спроектована для застосування саме в технологіях мінімального та нульового обробітку. Енергетичний засіб John Deere 8345RT – на гусеничному ході, що сприятиме збереженню структури ґрунту та недопущення його переущільнення.

За інтенсивної технології поряд з механічним обробітком широко застосовується хімічних обробіток. Щодо механічного обробітку за інтенсивною технологією (табл. 3.2). З метою контролю бур'янів та підтримання необхідної щільності ґрунту та для накопичення вологи, проводимо двічі лущення стерні на різну глибину. Після внесення добрив проводимо оранку плугом з передплужниками. У даному випадку запропоновано агрегат John Deere 8420 + ПЛП-6-35. Проте, даний трактор може раціонально агрегатуватись з плугом John Deere 3810.

Догляд за рослинами за інтенсивної та мінімальної технологій полягає в контролі за хворобами (обробка фунгіцидами), шкідниками (інсектицидами) та бур'янами (гербіцидами). Об'єднана назва всіх видів засобів захисту рослин – пестициди.

Питання до здобувачів: чому за мінімальних та енергоощадних технологій вирощування с.-г. культур доцільно застосовувати самохідні обприскувачі?

Таблиця 3.1

**Вирощування пшениці озимої за енергоощадною технологією на площі 245 га
(попередник – зернові, клас ґрунту II, група господарств – 1, врожайність – 4,8 т/га)**

№ з/п	Операції	Агротехнічні вимоги	Одиниці виміру	Обсяг роботи	Строки виконання		Тривалість роботи за добу	Склад агрегату			кількість с.-г. машин	Виробіток		
					календарні	тривалість днів		трактор	зіплка	с.-г. машина		за год	за зміну	за добу
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Лущення стерні	6-8см	га	245	15-22.07	4	14	ХТЗ-17201		ЛДГ-15	1	7,54	52,8	105,6
2	Дискування	16-18см	га	245	10-25.08	6	14	John Deere 8420		АГН-6,3	1	5,30	37,1	74,2
3	Протруювання насіння	180 кг/га	т	44,1	05-15.09	5	14		ПС-5 "Фермер"		1	3,04	21,3	42,6
4	Навантаження насіння	0,18т/га	т	44,1	05-15.09	5	14			ЗПС-100	1	7,5	52,5	105,0
5	Навантаження мінеральних добрив	0,1 т/га	т	24,5	05-15.09	5	14	ЮМЗ-8071		ПФ-0,75	1	20	140,0	280,0
6	Перевезення добрив	5км	т	24,5	05-15.09	5	14	ЮМЗ-8071		2ПТС-4	1	5,25	36,8	73,5
7	Перевезення насіння	5км	т	44,1	05-15.09	5	14	КамАЗ 55102			1	7,786	54,5	109,0
8	Сівба з внесенням добрив	4-6см	га	245	05-15.09	5	14	JD-8420		JD1890	1	6,3	44,1	88,2
9	Завантаження мінеральних добрив	0,1т/га	т	24,5	22-28.02	6	14	ЮМЗ-8071		ПФ-0,75	1	20	140,0	280,0
10	Внесення мінеральних добрив	0,1т/га	га	245	22-28.02	6	14	МТЗ-82.1		РУМ-5	1	9,171	64,2	128,4
11	Завантаження мінеральних добрив	0,1т/га	т	24,5	20-30.03	6	14	ЮМЗ-8071		ПФ-0,75	1	20	140,0	280,0
12	Внесення мінеральних добрив	0,1т/га	га	245	20-30.03	6	14	МТЗ-82.1		РУМ-5	1	9,171	64,2	128,4
13	Перевезення води	100л/га	т	24,5	01-10.05	5	6	ЮМЗ-8071		ВР-3М	1	3,75	22,5	22,5
14	Внесення робочого розчину	100л/га	га	245	01-10.05	5	6	МТЗ-82.1		ТЕТІС 24	1	20,75	124,5	124,5
15	Пряме комбайнування	4,8 т/га	га	245	10-25.07	10	10	JD-9640			1	3,93	27,5	39,3
16	Перевезення зерна на тік	5 км	т	1176	10-25.07	10	10	КамАЗ-45144			1	9,75	68,3	97,5
	Всього													

Продовження табл. 3.1

№ з/п	Операції	Потрібно для виконання роботи			Витрати палива, кг		Затрати праці, люд-год/га		Кількість нормо-змін
		агрегатів	трактористів	допоміжних працівників	За нормою	На весь обсяг роботи	На одиницю роботи	На весь обсяг	
1	2	16	17	18	19	20	21	22	23
1	Лущення стерні	1	2		3,1	759,5	0,13	32,5	4,64
2	Дискування	1	2		7,1	1739,5	0,19	46,2	6,60
3	Протруювання насіння	1	2				0,33	14,5	2,07
4	Навантаження насіння	1	2				0,13	5,9	0,84
5	Навантаження мінеральних добрив	1	2		0,33	8,1	0,05	1,2	0,18
6	Перевезення добрив	1	2		2,5	61,25	0,19	4,7	0,67
7	Перевезення насіння	1	2		0,74	32,634	0,13	5,7	0,81
8	Сівба з внесенням добрив	1	2		2,5	612,5	0,16	38,9	5,56
9	Завантаження мінеральних добрив	1	2		0,18	4,41	0,05	1,2	0,18
10	Внесення мінеральних добрив	1	2		2	490	0,11	26,7	3,82
11	Завантаження мінеральних добрив	1	2		0,18	4,41	0,05	1,2	0,18
12	Внесення мінеральних добрив	1	2		2	490	0,11	26,7	3,82
13	Перевезення води	1	1		1,28	31,36	0,27	6,5	0,93
14	Внесення робочого розчину	1	1		0,73	178,85	0,05	11,8	1,69
15	Пряме комбайнування	1	2		9,0	2205	0,25	62,4	8,91
16	Перевезення зерна на тік	2	4		0,67	787,92	0,10	120,6	17,23
	Всього				32,3	7405	2,30	407	58,1

Таблиця 3.2

**Вирощування пшениці озимої за інтенсивною технологією на площі 245 га
(попередник – зернові, клас ґрунту – II, група господарств – 1, врожайність – 5,1 т/га)**

	Операції	Агротехнічні вимоги	Одиниці виміру	Обсяг роботи	Строки виконання		Тривалість роботи за добу	Склад агрегату			кількість с.-г. машин	Виробіток		
					календарні	тривалість днів		трактор	зіплка	с.-г. машина		за год	за зміну	за добу
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Лущення стерні перше	6-8см	га	245	07-15.07	4	14	ХТЗ-17021		ЛДГ-10А	1	7,171	50,2	100,4
2	Лущення стерні друге	8-10 см	га	245	23-31.07	4	14	ХТЗ-17021		ЛДГ-10А	1	7,171	50,2	100,4
3	Навантаження мінеральних добрив	0,2т/га	т	49	02-22.08	15	14	ЮМЗ-8071		ПФ-0,75	1	20	140,0	280,0
4	Внесення мінеральних добрив	0,2т/га	га	245	02-22.08	15	14	МТЗ-82.1		РУМ-5	1	7	49,0	98,0
5	Оранка	22-25см	га	245	05-25.08	15	14	John Deere 8420		ПЛП-6-35	1	1,80	12,6	25,2
6	Передпосівний обробіток ґрунту	5-6см	га	245	05-15.09	5	14	ХТЗ-17021	СП-8	КПС-4	3	6,94	48,6	97,2
7	Навантаження насіння	0,22т/га	т	53,9	05-15.09	5	14	елект. двиг		ЗПС-100	1	7,5	52,5	105,0
8	Навантаження мінеральних добрив	0,1 т/га	т	24,5	05-15.09	5	14	ЮМЗ-8071		ПФ-0,75	1	20	140,0	280,0
9	Перевезення добрив	5км	т	24,5	05-15.09	5	14	ЮМЗ-8071		2ПТС-4	1	5,25	36,8	73,5
10	Перевезення насіння	5км	т	53,9	05-15.09	5	14	КамАЗ 55102			1	7,786	54,5	109,0
11	Сівба з внесеннямдобрив	4-6см	га	245	05-15.09	5	14	John Deere 8420		Orion-9,6	1	5,3	37,1	74,2
12	Навантаження мінеральних добрив	0,15т/га	т	36,75	20-28.02	5	14	ЮМЗ-8071		ПФ-0,75	1	20	140,0	280,0
13	Внесення мінеральних добрив	0,15т/га	га	245	20-28.02	5	14	МТЗ-82.1		РУМ-5	1	8,029	56,2	112,4
14	Перевезення води	150л/га	т	36,75	22-30.04	5	6	ЮМЗ-8071		ВР-3М	1	3,75	22,5	22,5
15	Приготування робочого розчину гербіциду	150л/га	т	36,75	22-30.04	5	6	ЮМЗ-8071		АПЖ-12	1	8,00	48,0	48,0
16	Внесення робочого розчину	150л/га	га	245	22-30.04	5	6	МТЗ-82.1		ОП-2000	1	14,67	88,0	88,0
17	Перевезення води	150л/га	т	36,75	01-10.06	5	6	ЮМЗ-8071		ВР-3М	1	3,75	22,5	22,5
18	Приготування робочого розчину	150л/га	т	36,75	01-10.06	5	6	ЮМЗ-8071		АПЖ-12	1	8,00	48,0	48,0
19	Боротьба з клопом черепашкою	150л/га	га	245	01-10.06	5	6	МТЗ-82.1		ОП-2000	1	14,67	88,0	88,0
20	Пряме комбайнування	5,1 т/га	га	245	10-25.07	10	10	JD-9640			1	3,63	25,4	36,3
21	Перевезення зерна на тік	5 км	т	1249,5	10-25.07	10	10	КамАЗ-45144			1	9,75	68,3	97,5
	Всього													

Продовження табл. 3.2

	Операції	Потрібно для виконання роботи			Витрати палива, кг		Затрати праці, люд-год/га		Кількість нормо-змін
		агрегатів	трактористів	допоміжних працівників	За нормою	На весь обсяг роботи	На одиницю роботи	На весь обсяг	
1	2	16	17	18	19	20	21	22	23
1	Лущення стерні перше	1	2		3	735	0,14	34,2	4,88
2	Лущення стерні друге	1	2		3,2	784	0,14	34,2	4,88
3	Навантаження мінеральних добрив	1	2		0,18	8,82	0,05	2,5	0,35
4	Внесення мінеральних добрив	1	2		2,4	588	0,14	35,0	5,00
5	Оранка	1	2		14,6	3577	0,56	136,1	19,44
6	Передпосівний обробіток ґрунту	1	2		3,1	759,5	0,14	35,3	5,04
7	Навантаження насіння	1	2				0,13	7,2	1,03
8	Навантаження мінеральних добрив	1	2		0,33	8,1	0,05	1,2	0,18
9	Перевезення добрив	1	2		2,5	61,25	0,19	4,7	0,67
10	Перевезення насіння	1	2		0,74	39,886	0,13	6,9	0,99
11	Сівба з внесенням добрив	1	2		2,8	686	0,19	46,2	6,60
12	Навантаження мінеральних добрив	1	2		0,18	6,615	0,05	1,8	0,26
13	Внесення мінеральних добрив	1	2		2,2	539	0,12	30,5	4,36
14	Перевезення води	1	1		1,28	47,04	0,27	9,8	1,40
15	Приготування робочого розчину гербіциду	1	1		1,1	40,425	0,13	4,6	0,66
16	Внесення робочого розчину	1	1		0,91	222,95	0,07	16,7	2,39
17	Перевезення води	1	1		1,28	47,04	0,27	9,8	1,40
18	Приготування робочого розчину	1	1		1,1	40,425	0,13	4,6	0,66
19	Боротьба з клопом черепашкою	1	1		0,91	222,95	0,07	16,7	2,39
20	Пряме комбайнування	1	2		9,2	2254	0,28	67,5	9,65
21	Перевезення зерна на тік	2	4		0,67	837,165	0,10	128,2	18,31
	Всього				51,7	11505	3,33	634	90,5

Таблиця 3.3

**План механізованих робіт при вирощуванні пшениці озимої на площі 900 га
(планова врожайність – 5 т/га, група господарств – 1)**

№ п/п	Операція	Агратех вимоги	Од виміру	Обсяг роботи	Строки виконання			Трива роботи за добу	Склад агрегату			К-сть с.-г.м.	Виробіток		
					календарні	фактичні	триє днів		трактор	зіплка	с.-г. м.		за год	за зм.	за добу
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Перевезення зерна на поле	5 кг/га	т	4,5	20.08-10.09	6.09-09.09	3	21	Case IH MX-340		Kinze - 1350	1	0,6	4,5	13,5
2	Сіяба з внесенням мінеральних добрив	5 кг/га	га	900	20.08-10.09	6.09-09.09	3	21	John Deere 8310		Horsch-ATD-11,38	1	9,6	66,9	200,6
3	Транспортування води та хімікатів	0,2 т/га	га	180	10-15.10		3	21	Case IH MX-340		Бочка	1	8,6	60,0	180,0
4	Обробка регуляторами росту	0,005 м3/га	га	900	10-15.10		3	21	John Deere 4830			1	47,9	335,0	
5	Транспортування води та КАС	0,2 т/га	га	180	15-25.04		3	21	Case IH MX-340		Бочка	1	8,6	60,0	180,0
6	Внесення КАС	0,03 т/га	га	900	15-25.04		3	21	John Deere 4830			1	47,9	335,0	1005,0
7	Транспортування води та хімікатів	0,2 т/га	га	180	15-25.04		3	21	Case IH MX-340		Бочка	1	8,6	60,0	180,0
8	Хімічний захист від шкідників (Карате Зенон)	0,0025 т/га	га	900	25.04-01.05		3	21	John Deere 4830			1	47,9	335,0	1005,0
9	Транспортування води та КАС	0,2 т/га	га	180	25-30.05		3	21	Case IH MX-340		Бочка	1	8,6	60,0	180,0
10	Внесення КАС	0,03 т/га	га	900	25-30.05		3	21	John Deere 4830			1	47,9	335,0	1005,0
11	Транспортування води та десиканту	0,33	т	297	03.-13.07		3	21	Case IH MX-340		Бочка	1	8,6	60,0	180,0
12	Пряме комбайнування	4 т/га	га	900	08-20.07		8	14	Case 9240		McDon FD 75	2	3,4	24,1	48,2
13	Перевезення зерна на край поля	4 т/га	га	4500	08-20.07		8	14	Case IH MX-340		Kinze - 1350		14,6	102,0	204,0
14	Перевезення зерна на тік	6 км	т	4500	08-20.07		8	14	Volvo FH-13			2	14,6	102,0	204,0
У розрахунку на 1 га															

Продовження табл. 3.3

№ п/п	Операція	Потрібно для виконання роботи			Витрати палива		Затрати праці, люд-год/га		К-сть нормо-змін	Обсяг роботи, ум.ет.га
		агрегат.	тракторис.	доп.прац.	За нормою	На весь обсяг робіт	На одиницю роботи	На весь обсяг робіт		
1	2	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	Перевезення зерна на поле	1	2		2	9	0,444	2,0	1,0	
2	Сівба з внесенням мінеральних добрив	1,5	2	2	3,80	3420	0,209	188,5	13,5	376,91
3	Транспортування води та хімікатів	1	2		0,67	120,6	0,233	42,0	3,0	
4	Обробка регуляторами росту	1	2		0,70	630	0,042	37,6	2,7	47,01
5	Транспортування води та КАС	1	2		0,67	120,6	0,233	42,0	3,0	
6	Внесення КАС	1	2		0,70	630	0,042	37,6	2,7	47,01
7	Транспортування води та хімікатів	1	2		0,67	120,6	0,233	42,0	3,0	
8	Хімічний захист від шкідників (Карате Зенон)	1	2		0,70	630	0,042	37,6	2,7	47,01
9	Транспортування води та КАС	1	2		0,67	120,6	0,233	42,0	3,0	
10	Внесення КАС	1	2		0,70	630	0,042	37,6	2,7	47,01
11	Транспортування води та десиканту	0,6	2		0,67	198,99	0,233	69,3	5,0	
12	Пряме комбайнування	2,3	4		14,10	12690	0,581	522,8	37,3	
13	Перевезення зерна на край поля	2,8	4		0,67	3015	0,137	617,6	44,1	
14	Перевезення зерна на тік	2,8	4		0,33	1485	0,137	617,6	44,1	
					ДП	23811		2334		565,0
						26,46		2,594		0,63

У табл. 3.3 наведено один з прикладів вирощування пшениці озимої за нульовою технологією. Передбачається, що дана технологія реалізовується вже не перший рік. Тож вирощування пшениці озимої починається з прямої сівби агрегатом John Deere 8310 + Horsch-ATD-11,35. Завантаження відбувається на краю поля за допомогою агрегату у складі трактора Case IH MX 340 та бункера-перевантажувача Kinze 1350. В подальшому здійснюється контроль бур'янів, обробка ЗЗР та регуляторами росту, вноситься КАС. Для цих операцій використовується самохідний обприскувач John Deere 4830. Збирання пшениці озимої за нульовою технологією проводять так само, як і за інтенсивною технологією, але подрібнену солому не збирають, а розкидають по полю як органічні добрива. Важливо знати і виконувати, що розкидання подрібненої соломи здійснюється на ширину захвату жатки. Інакше будуть утворюватися валки, які утруднятимуть у майбутньому роботу посівних агрегатів, бо соломка не встигатиме перегнивати. Підвищує ефективність технології No-Till застосування техніки на гусеничних русіях і обов'язкова заборона виїзду транспортних засобів на поле.

Контрольні питання

1. Що являє собою план механізованих робіт?
2. Які вихідні дані необхідно мати перед складанням плану механізованих робіт?
3. Які технології вирощування с.-г. культур ви знаєте?
4. Назвіть основні засоби виробництва за нульової технології обробітку ґрунту.
5. Якими агрегатами вноситься КАС?
6. Як розрахувати енергоємність всієї технології?
7. Назвіть основні способи зменшення енергоємності виробництва с.-г. культур?
8. Чи дає нам підставу говорити про пріоритетність технології, в якій менша енергоємність виробництва продукції?

4. ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА МЕХАНІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

4.1. Оцінка технології виробництва сільськогосподарської культури за енергонасиченістю

Екологічність виробництва сільськогосподарської продукції крім багатьох інших критеріїв (кількість внесених добрив, пестицидів, стан ґрунту та ін.), оцінюється ще і величиною енергії, витраченої на вирощування. Різні технології, відповідно, мають різну кількість як затраченої на виробництво енергії, так і вміст енергії у вирощеній продукції.

Тому, рівень екологічності технології виробництва сільськогосподарської продукції за енергонасиченістю визначається за формулою

$$K_{ек} = \frac{E_3}{E_{ен}}, \quad (4.1)$$

де E_3 – кількість енергії, витраченої на формування врожаю, ГДж/га;

$E_{ен}$ – екологічно допустима межа енергонасиченості технологічного процесу виробництва сільськогосподарської культури; $E_{ен} = 15$ ГДж/га за рік.

При проєктуванні технологій, цю межу не слід перебільшувати, бо в такому випадку, виробництво аграрної продукції є неекологічне. Що мається тут на увазі? Якщо кількість затраченої енергії на виробництво продукції перевищує 15 ГДж, це означає, що для досягнення мети спожито багато ресурсів, якщо так можна сказати, надлишок енергії. На сьогодні вченими цей рівень визначений, як 15 ГДж. За будь-якої технології ми маємо вкластися в цю межу.

Розглянемо приклад.

Приклад. Визначити рівень екологічності за рівнем витраченої енергії для механізованої технології виробництва соняшника за традиційною технологією на площі 600 га (табл. 4.1) у гос-

подарстві з середнім рівнем оснащення сучасною технікою.

Кількість енергії, витраченої на формування врожаю (МДж/га) (табл. 4.1, сума гр. 21)

$$E_3 = \frac{6915256}{600} = 11525 \text{ МДж/га.}$$

Рівень екологічності технології виробництва соняшника за інтенсивною технологією розраховуємо за формулою (4.1):

$$K_{\text{ек}} = E_3 / E_{\text{ен}} = 11525 / 15000 = 0,77.$$

Якщо при розрахунках ми отримуємо значення менше 1,0, то рівень екологічності не перевищує допустиму встановлену норму. Якщо отримане значення $K_{\text{ек}}$ більше одиниці, то необхідно переглядати розроблену технологію. Знизити енергетичні витрати можна за рахунок використання комбінованих агрегатів; якщо це можливо, заміни енергоємних операцій менш енергоємними; використання більш широкозахватних агрегатів, які мають вищу продуктивність тощо. Одним із прикладів зменшення енергоємності при основному обробітку є заміна оранки глибоким розпушуванням. Так, в одному з підприємств Дніпропетровщини, для досягнення цієї мети ефективно застосували агрегат Case IH STX 500 + Ecolo-Tiger-730 (рис. 4.1).



Рис.4.1. Ґрунтообробний агрегат Case IH STX 500 + Ecolo-Tiger-730 оглядає професор кафедри ЕМТП ДДАУ професор Ільченко В.Ю., 2009 р.

Технологічна карта вирощування соняшника (перше покоління "Ясон")

ТОВ "АФ "Славутич"

Попередник: кукурудза на зерно

Таблиця 4.1

№ з/п	Операції	Од. виміру	Обсяг роботи	Склад апарату			К-сть с.-т.м.	Потрібно для виконання робіт		Норма витрати		Пального всього, кг	
				трактор	зірка	с.-т. м.		тракторис.	доп. прац.	пального, кг/га, кг/т	праці людини, люд-год/га		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Дискування I	га	600	ХТЗ-16131К		БГР-4,2	1	9,04	1		4,3	0,11	2580,0
2	Дискування II	га	600	ХТЗ-16131К		БГР-4,2	1	9,04	1		4,3	0,11	2580,0
3	Оранка	га	600	Case MX 310		ПО-8	1	0,96	3		11,5	1,04	6900,0
4	Боронування	га	600	T-150-09	СГ-21	БЗСС-1,0	21	10	1		1,8	0,10	1080,0
5	Навантаження мінеральних добрив	т	90		єрчуну		1	20	1		4	0,05	360,0
6	Перевезення мінеральних добрив	т	90	ЮМЗ-6АКЛ		2ПТС-4	1	1	1		0,33	1,00	29,7
7	Навантаження в розкидач	т	90		єрчуну		1	1	1	2	0	1,00	0,0
8	Внесення мінеральних добрив	га	600	МТЗ-80.1		МВД-900	1	10,2	1		4	0,10	2400,0
9	Перевезення води	т	120	ЮМЗ-8070		ЗЖВ-1,8	1	2,7	1		0,67	0,37	80,4
10	Приготування робочого розчину	т	120	ЮМЗ-8070		АПЖ-12	1	8	2	2	3,2	0,13	384,0
11	Внесення робочого розчину	га	600	МТЗ-80.1		ОП-2000	1	8,35	1		1,4	0,12	840,0
12	Заорювання ґрунту	га	600	T-150-09		БГР-4,2	1	6,34	1		2,7	0,16	1620,0
13	Культивація	га	600	Case MX 310		JD-726	3	9,44	1		3,6	0,11	2160,0
14	Навантаження насіння та мінеральних добрив	т	60	ЮМЗ-8070		ПЗ-0,8	1	20	1		1,28	0,05	76,8
15	Транспортування	т	60	ЮМЗ-8070		2ПТС-4	1	3,8	1		1,1	0,26	66,0
16	Завантаження сіялок	т	60		єрчуну		1	3,8	1	2	0	0,28	0,0
17	Сієба	га	600	Case MX 310		Kinze-3700	1	3,8	1	1	2,2	0,26	1320,0
18	Колтування	га	600	МТЗ-80.1		ЗЖВ-1,8	1	8,51	1		0,63	0,12	378,0
19	Боронування до сходів	га	600	T-150-09	СГ-21	БЗСС-1,0	21	7,88	1		0,63	0,13	378,0
20	Мікрядний обробіток 1	га	600	ЮМЗ-8070		КРН-5,6	1	1,96	4		4,5	0,51	2700,0
21	Мікрядний обробіток 2	га	600	ЮМЗ-8070		КРН-5,6	1	1,96	4		4,5	0,51	2700,0
22	Перевезення води	т	120	ЮМЗ-8070		ЗЖВ-1,8	1	2,7	1		0,67	0,37	80,4
23	Дискація	га	600	Case SPX 3320			1	50	1		0,67	0,02	402,0
24	Збирання врожаю	га	600	Case 2166			1	3,1	2		16,3	0,32	9780,0
25	Перевезення зерна	т	1500	МАЗ-6303		ГБК-8527	1	6,8	2	4	0,29	0,15	435,0
	Всього												39330,3

Технологічна карта вирощування соняшника (перше покоління "Ясон")

ТОВ "АФ "Славутич"

Попередник: кукурудза на зерно

№ з/п	Операції	Затрати праці, люд.-год	К-сть нормо-змін	Обсяг роботи, ум.єт.га	Енергоємність, МДж					разом
					машинних агрегатів	пального	праці людини	добрив	пестицидів та насіння	
1	2	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	Дискування I	66,4	9,48	109,51	32131	205110	2880,5			240121
2	Дискування II	66,4	9,48	109,51	32131	205110	2880,5			240121
3	Оранка	625,0	89,29	1687,50	332325	548550	81375			962250
4	Боронування	60,0	8,57	99,00	14706	85860	2604			103170
5	Навантаження мінеральних добрив	4,5	0,64		862,65	28620	195,3	1996400		2026078
6	Перевезення мінеральних добрив	90,0	12,86			2361,15	3906			6267,15
7	Навантаження в розкидач	90,0	12,86			0	3906			3906
8	Внесення мінеральних добрив	58,8	8,40	42,94	18324	190800	2552,9			211676
9	Перевезення води	44,4	6,35	4488,9	4488,9	6391,8	1928,9			12809,6
10	Приготування робочого розчину	15,0	2,14	24,75	2203,5	30528	1302			340233,5
11	Внесення робочого розчину	71,9	10,27	118,56	12388	66780	5,1976		183090	262263
12	Заорантання гербіциду	94,6	13,52	156,15	45331	128790	4107,3			178228
13	Культивація	63,6	9,08	104,87	27852	171720	2758,5			202330
14	Навантаження насіння та мінеральних добрив	3,0	0,43	4,95	575,1	6105,6	130,2			6810,9
15	Транспортування	15,8	2,26	26,05	1987,9	5247	685,26			7920,16
16	Завантаження сіялок	15,8	2,26			0	1370,5			1370,53
17	Сієба	156,3	22,32	257,81	74453	104940	6781,3		240700	426874
18	Колтування	70,5	10,07	116,33	45011	30051	3059,9			78121,5
19	Боронування до сходів	76,1	10,88	125,63	18662	30051	5,5076			48718,9
20	Мікродійний обробіток 1	306,1	43,73	223,47	43714	214650	53143			311507
21	Мікродійний обробіток 2	306,1	43,73	223,47	43714	214650	53143			311507
22	Перевезення води	44,4	6,35	4488,9	4488,9	6391,8	1928,9			12809,6
23	Дискація	12,0	1,71	24,00	2034	31959	520,8			34573,8
24	Збирання врожаю	193,5	27,65	321484	321484	771510	16800			1115794
25	Перевезення зерна	220,6	31,51	22324	22324	34582,5	19147			76053,1
Всього		2770,9		3454,53	1E+06	3082176	247970	1996400	423790	6915256

Продовження табл. 4.1

4.2. Оцінка машинних технологій за ущільненням ґрунту

Одним із важливих екологічних факторів щодо стану ґрунту є величина ущільнення орного (кореневмісного) та підорного шарів ґрунту.

Проблема зниження родючості ґрунтів через їх переущільнення рушіями енергетичних засобів та с.-г. машин набула глобального характеру. Оптимальна щільність орного горизонту чорноземних ґрунтів повинна знаходитись у межах $1,0 \dots 1,3 \text{ г/см}^3$. Нині щільність орного і підорного горизонтів становить від $1,4 \text{ г/см}^3$ до $1,6$, а іноді сягає $1,8 \text{ г/см}^3$. Особливо вона висока в літньо-осінній період. Так, за матеріалами у відкритих джерелах, можна знайти величину тиску на ґрунту рушіями тракторів:

- MTЗ-82.1 – $1,2 \dots 1,25 \text{ кг/см}^2$;
- ХТЗ-150К-09 – $1,65 \dots 1,8 \text{ кг/см}^2$;
- К-744 – $2,7 \text{ кг/см}^2$;
- Case IH STX 600 Quadtrack – $0,3 \dots 0,4 \text{ кг/см}^2$;
- CAT Challenger 95E – $0,28 \text{ кг/см}^2$.

Як видно з наведених даних, колісні трактори чинять набагато більший тиск на ґрунт, ніж гусеничні. Завеликий вплив на ущільнення ґрунту мають осьові навантаження. Колісний трактор має, як правило, лише дві осі, гусеничні ж у більшості випадків – п'ять або шість. Це свідчить про те, що осьові навантаження є вищими у колісних тракторів і осі спричиняють великий тиск у певному місці, збільшуючи ущільнення глиб. І якщо в господарстві немає гусеничних тракторів, необхідно максимально обмежити виїзд колісних тракторів в поле, організувати їх раціональне пересування на полі, за можливістю застосовувати спарені колеса.

Способи зменшення тиску на ґрунт завдяки застосуванню шин низького тиску, здвоєних і навіть строєних шин низького тиску, дають лише частковий ефект. Щоб зменшити тиск на ґрунт, необхідно збільшувати кількість осей, що характерно для гусеничних тракторів. Гусеничний трактор має, зрештою, таку саму вагу, що й колісний, але вона розподіляється по всій довжині трактора.

Складаючи технологічні карти і агрегати, в основному керуються вимогами агротехніки і не враховують негативні наслідки дії техніки на ґрунт. Отже, щоб запобігти ущільненню ґрунту, необхідно:

- зменшити кількість виїздів на поле, обмежуватися лише конче потрібними, особливо навесні;
- перший обробіток краще проводити за нормальної вологості ґрунту, використовуючи для цього гусеничний трактор; вважається, що на 80 % ущільнення спричинено першими весняними виїздами трактора в поле;
- обмежити використання обладнання з великим навантаженням на осі.

Тому під час проектування механізованого технологічного процесу вирощування с.-г. культур визначають щільність ґрунту.

Щільність ґрунту після збирання с.-г. культур складатиме

$$\begin{aligned} \Pi_{nz} = \Pi_{nk} \cdot K_{виц} + \Pi_0 + \Delta\Pi_z \cdot T_{nz} \times \\ \times \left(\frac{S_{иц,1}}{S_{зг,1}} + \frac{S_{иц,2}}{S_{зг,2}} + \dots + \frac{S_{иц,n}}{S_{зг,n}} \right) + \Delta\Pi_k \cdot T_{nk} \times \\ \times \left(\frac{S_{иц,1}}{S_{зк,1}} + \frac{S_{иц,2}}{S_{зк,2}} + \dots + \frac{S_{иц,n}}{S_{зк,n}} \right), \end{aligned} \quad (4.2)$$

де Π_{nk} – щільність ґрунту після збирання попередньої с.-г. культури, г/см³; якщо цих даних немає, то приймається нормативне значення $\Pi_{nk} = 1,5$ г/см³;

$K_{виц}$ – коефіцієнт, який враховує відновлення щільності; $K_{виц} = 0,05-0,10$;

Π_0 – початкова щільність; $\Pi_0 = 1,08-1,11$ г/см³;

$\Delta\Pi_z$, $\Delta\Pi_k$ – темп зростання щільності для гусеничних 0,025 г/см³ і колісних 0,03 г/см³ машин відповідно;

T_{nz} , T_{nk} – кількість проходів відповідно гусеничної і колісної машин від початку весняно-польових робіт до закінчення збирання;

$S_{\text{цг},1}, S_{\text{цг},2}, \dots, S_{\text{цг},n}$ – ширина ущільнення ґрунту при проході агрегату з гусеничною машиною, м;

$S_{\text{зг},1}, S_{\text{зг},2}, \dots, S_{\text{зг},n}$ – ширина захвату агрегату з гусеничною машиною, м;

$S_{\text{цк},1}, S_{\text{цк},2}, \dots, S_{\text{цк},n}$ – ширина ущільнення ґрунту при проході агрегату з колісною машиною, м;

$S_{\text{зк},1}, S_{\text{зк},2}, \dots, S_{\text{зк},n}$ – ширина захвату агрегату з колісною машиною, м.

Рівень екологічності за ущільненням ґрунту визначають за формулою

$$K_{\text{еу}} = \frac{\text{Щ}_{\text{ен}}}{\text{Щ}_{\text{нз}}}, \quad (4.3)$$

де $\text{Щ}_{\text{ен}}$ – поріг ущільнення ґрунту; $\text{Щ}_{\text{ен}} = 1,5 \text{ г/см}^3$;

$\text{Щ}_{\text{нз}}$ – щільність ґрунту після збирання с.-г. культури.

Якщо за розрахунками величина ущільнення ґрунту буде перевищувати $1,5 \text{ г/см}^3$, то необхідно скоригувати склад енергетичних засобів або змінити (модернізувати) конструкцію рушіїв, як от, застосування здвоєних або навіть строєних коліс. Ефективним засобом зменшення негативної дії рушіїв ґрунтів є застосування гусеничних тракторів (рис. 4.2).



Рис. 4.2. Застосування гусеничного трактора в агрегаті з бункером-перевантажувачем (ТОВ «Агро КМР»)

Таблиця 4.2

Розміри шин сільськогосподарської техніки

Тип і марка	Позначення шин	Кількість коліс, шт.
1	2	3
<i>Автомобілі вантажні</i>		
ГАЗ-3307 / ГАЗ-3309	240 R 508 (8,25 R 20)	6+1
КамАЗ 5320, -5410, -5510, -551	260 R 508 (9,00 R 20)	10+1
КамАЗ-5511	280 R 508 (10 R 20)	10+1
Volvo FH 13	315/80 R22.5	6+1
МАЗ	300 R 508 (11 R 20)	6+1
Краз	320 R 508 (12 R 20)	6+1
<i>Трактори колісні</i>		
ХТЗ-17221	23.1–26 BD-65 12PR 153A6	4
John Deere 6175M	650/65 R42	2
	540/65 R30	2
Case IH 380 Magnum	710/70R42	2
	600/70R30 або 420/90R30 (здвоєні)	2
ЮМЗ-8240	460/85 R38	2
	15,5 R 38	2
<i>Зернозбиральні машини</i>		
Case IH 8120	800/65R32	2
	480/70R30	2
Claas Lexion 770	680/85-R32	2
	500/85-R24	2

1	2	3
John Deere S670i	VR 680/85 R32	2
	HR 500/85 R24	2
КЗС-9М “Славутич”	30,5 LR 32 73×4 R 32	2
<i>Причепи</i>		
1ПТС-2М, Н	230-16	2
1ПТС-2М	240-406	2
ПТС-2	230-406	2
1ПТС-4	980×0-457	2
2ПТС-4, 887А (2ПТС-4А)	230-16 або 240-406	4
1ПТС-5	390-980	4
2ПТС-6	980×90-457	4
ММЗ-771Б (1ПТС-9)	1065×20-457	4+1
<i>Бункери-перевантажувачі</i>		
Kinze-1121 (гусеничний)	36" × 100"	2
ТСП-39 «ВАГОВОЗ» (Завод Кобзаренка)	560/60 R 22.5	6
UW-200 (ТОВ «Союз- Спецтехніка»)	30,5R32	2
<i>Ґрунтообробні машини, машини для внесення добрив, сівалки</i>		
Плуги:		
ПН-8-35	6,00-16	1
ПЛП-6-35	6,50-16	1
ПТК-9-35	6,50-16	1
Лушильник ППЛ-10-25	6,50-16	2
Лушильники дискові:		
ЛДГ-20	5,00-10	2
	6,50-16	3
ЛДС-6	6,5-16	2

ЛДГ-10	6,00-16	4
	5,00-10	2
ЛДГ-15	6,50-16	8
Борони дискові:		
БДТ-7	6,50-16	2
БД-4,1	5,50-16	2
Pallada 6000	6,50-16	2
Зчіпки тракторні:		
СП-15	5,00-10	4
	5,50-16	2
СП-16	6,00-16	2
	5,00-10	6
Зчіпки напівнавісні СН-75	5,50-16	2
Зчіпки гідрофіковані СП-11, СГ-21	5,00-10	3
Культиватори:		
причіпний плоскоріз КПП-2,2	5,50-16	2
протиерозійний КПЭ-3,8	6,00-16	2
КПС-4 «Восход»	6,00-16	2
КРН-4,2, КРН-5,6	5,00-10	2
КРН-2,8МО, 2КРН-2,8МО	5,00-10	2
УСМК-5,4	5,00-10	2
Сівалки:		
Horsch Maestro 36.45-50SV	520 / 85 R 42	2
СЗ-5,4 «Астра»	9-23	2
УПС-8	6,50-16	3
Розкидачі мінеральних добрив:		
РТТ-4,2	5,00-10	2
	5,50-16	2
1-РМГ-4	980×90-457	2
РУМ-8	1065-420-457	4
РУМ-3, РУМ-5	310-406	1
	5,00-10	2
Розкидачі органічних добрив:		
РОУ-5	310-406	4
1ПТУ-3,5, 1ПТУ-4	310-406	2

РПТУ-2А	310-406	2
РТО-4, РПН-4	320-406	4
РЖТ-16, ПРТ-16	1065×20-457	6
ПРТ-10	1065×20-457	4
Розкидачі рідких органічних добрив:		
ЗЖВ-1,8	8,35-15	2
ЗУ-3,6	310-406	2
РЖУ-3,6	240-508	6+1
РЖТ-4	310-406	4
РЖТ-8	320-508	4
РЖТ16	320-508	8
МЖТ-8	16,5/70-18	4
Ґрунтообробний вирівнювач передпосівний ВП-8	6,50-16	2
<i>Машини для буряку, інших овочів та картоплі</i>		
СКМ-6	8,25-15	2
БМ-6	8,25-15	2
ROPA	1-а вісь: 800/70 R38 2-3-я вісь: 1050/50 R32	2 4
Holmer Terra Dos T4-40	800/70 R38	6
КСТ-2А, КСТ-3А	220-508 260-508	2 1
Unia PYRA	385/60 R22,5.	2

Дані, наведені в цій таблиці, носять рекомендаційних характер тому, що варіацій комплектування техніки шинами сьогодні існує багато. Якщо в технологічну карту необхідно внести іншу техніку, вихідні дані по комплектації шинами для розрахунків знаходять у вільному доступі через мережу інтернет на сайтах виробників або дилерів. Якщо неможливо використати енергетичні засоби на гусеничному ході, можна застосовувати шини низького тиску. До таких варто віднести шини Ultraflex виробника Michlen. Несуча здатність таких шин співмірна з традиційними при тиску, що на 20 % менше. Таким чином, пляма контакту зростає, а отже тиск на ґрунт – зменшується. Як правило, бурякозби-

ральна техніка (рис. 4.3), хоч і обладнана широкопрофільними шинами, чинить значний тиск на ґрунт.



Рис. 4.3. Загальний вигляд бурякозбирального комбайна ROPA.
(Режим доступу: <https://www.ropa-maschinenbau.de/ru/produkty/sveklouborochniy-kombayn/ropa-tiger-5/tehnicheskie-dannie/>)

Таблиця 4.3

Ширина гусениці тракторів

Марка трактора	ХТЗ-181	John Deere 8345RT	Case IH STX 600
Ширина гусениці, мм	420 645 (гумотросова)	635	700

В Україні проведено випробування трактора ХТЗ-181, укомплектованого гумотросовими гусеницями. Трактори John Deere 8345RT та Case IH STX 600 Quadtrack традиційно укомплектовані гумовими гусеницями. Це дозволяє ще більш рівномірно розподілити вагу трактора по плямі контакту і зменшити питоме навантаження на ґрунт. Так, якщо тиск трактора типу ЮМЗ-8073, вагою 33 кН складає близько $1,2 \text{ кг/см}^2$ ($117,6 \text{ кПа}$), то трактор Case IH STX 600 Quadtrack при вазі 225 кН чинить тиск у межах $0,4 \dots 0,5 \text{ кг/см}^2$ ($39,2 \dots 49,0 \text{ кПа}$). Таким чином, використання гусеничної техніки сприяє збереженню структури та природної

щільності ґрунту. Проте, така техніка є дорожчою в технічній експлуатації та ремонті.

4.3. Методика визначення затрат енергії на ущільнення (деформацію) ґрунту

Непряму техногенну дію рушіїв техніки на ґрунт можна визначити через встановлення величини затрат енергії на його ущільнення. Ми отримаємо відносний показник, але він дає чітку кореляцію: чим більше енергії ми витрачаємо на ущільнення ґрунту – тим гірше, тобто, тим буде більша щільність ґрунту після проходження агрегату. Розглянемо коротку методику.

Затрати енергії на ущільнення ґрунту можна визначити через роботу на деформацію ґрунту

$$E_{ущ} = \frac{10 \left[G_{тр} \cdot f_{тр} \cdot \eta_{\theta} + G_3 \cdot f_3 + \sum_{i=1}^k (G_M \cdot f_M \cdot \eta_M) \right]}{B_p}, \quad (4.4)$$

де $E_{ущ}$ – робота на утворення колії, МДж/га;

$G_{тр}, G_M, G_3$ – експлуатаційна вага трактора, сільськогосподарської машини, зчіпки, кН;

B_p – робоча ширина захвату агрегату, м;

$f_{тр}, f_M, f_3$ – відповідно коефіцієнт опору кочення трактора, зчіпки і сільськогосподарської машини (залежить від типу трактора, сільськогосподарської машини, зчіпки (табл. 8.3, 8.4, 8.5);
 η_{θ} – коефіцієнт, який враховує внутрішні витрати в ходовій системі трактора (для колісних тракторів $\eta_{\theta k} = 0,98$; для гусеничних $\eta_{\theta 2} = 0,90-0,93$);

η_M – кількість сільськогосподарських машин в агрегаті;

k – кількість типів сільськогосподарських машин.

Таблиця 4.4

Значення коефіцієнтів опору кочіння машин f_m або зчіпки f_z

Умови руху	На пневматичних шинах			На металевих колесах
	навесні	наприкінці весни, літом, на початку осені	восени	
Польова дорога	0,15–0,07	0,06–0,04	0,06–0,09	0,06–0,08
Стерня багато-річних трав	0,17–0,07	0,06–0,05	0,08–0,09	0,08–0,10
Стерня після озимих	0,24–0,09	0,09–0,07	0,09–0,15	0,09–0,11
Стерня злущена	–	–	0,10–0,12	0,16–0,18
Поле після картоплі	0,27–0,13	0,11–0,09	0,12–0,18	–
Поле після культивації	0,33–0,15	0,13–0,11	0,14–0,20	0,22–0,24
Злежана рілля	0,40–0,20	0,15–0,12	0,15–0,19	–
Свіжозоране поле	0,44–0,24	0,25–0,18	0,20–0,30	–

Таблиця 4.5

Коефіцієнти опору кочіння автомобілів

Умови руху	Коефіцієнт
Асфальтобетонне шосе	0,015–0,020
Гравійно-щебенчата дорога	0,020–0,030
Булижна мостова	0,025–0,035
Суха ґрунтова дорога	0,030–0,050
Ґрунтова дорога після опадів	0,050–0,150
Пісок	0,100–0,300
Сніжна укатана дорога	0,030–0,040

Таблиця 4.6

Коефіцієнти опору кочіння рушіїв трактора

Умови руху	Колісні	Гусеничні
Ґрунтова суха дорога	0,03–0,05	0,05–0,07
Сніжні укатана дорога	0,03–0,05	0,06–0,07
Цілина, переліг, тверда дернина, дуже ущільнена стерня	0,03–0,06	0,05–0,07
Стерня нормальної вологи, поле з-під кукурудзи	0,06–0,08	0,07–0,09
Волога стерня	0,08–0,10	0,08–0,11
Злежана рілля	0,10–0,12	0,07–0,08
Свіжозоране поле	0,18–0,22	0,12–0,14
Підготовлене до сівби поле, чистий пар, поле після збирання картоплі	0,16–0,20	0,10–0,12
Сухий пісок	0,15–0,20	0,10–0,12
Глибока грязюка	0,25	0,30

Приклад 1. Визначити енергоємність від ущільнення ґрунту при виконанні операції внесення гербіцидів агрегатом ЮМЗ-8073+ОП-2000-2-01, ширина захвату агрегата $B_p = 9,5$ м. Вага трактора $G_{тр} = 31,6$ кН, вага машини $G_m = 15,5$ кН.

Затрати енергії на ущільнення за формулою (8.4)

$$E_{ущ} = \frac{10 \cdot (31,6 \cdot 0,175 \cdot 0,98 + 15,5 \cdot 0,12)}{9,5} = 7,6 \text{ МДж/га.}$$

У даному випадку встановлено, що робота рушіїв, яка витрачається на ущільнення ґрунту цим агрегатом складає 7,6 МДж/га. Якщо ми проведемо такі розрахунки для аналогічних агрегатів, зможемо визначити відносний вплив рушіїв на ущільнення ґрунту. Чим більша величина енергії – тим, відповідно, більше ущільнення ґрунту. Отже, можна спроектувати такий парк техніки, який матиме мінімальний вплив на ґрунт.

Приклад 2. Визначити енергоємність від ущільнення ґрунту при сівбі трактором ЮМЗ-8073 + Astra-3,6 Premium, ширина захвату агрегату $B_p = 5,4$ м. Вага трактора $G_{тр} = 31,5$ кН, вага машини $G_M = 14,5$ кН.

Затрати енергії на ущільнення за формулою (3.4)

$$E_{ущ} = \frac{10 \cdot (31,5 \cdot 0,175 \cdot 0,98 + 14,5 \cdot 0,12)}{3,6} = 19,8 \text{ МДж/га.}$$

Приклад 3. Визначити енергоємність від ущільнення ґрунту при сівбі трактором ХТЗ-181+СП-11+ 3Astra-3,6 Premium.

Затрати енергії на ущільнення за формулою (8.4)

$$E_{ущ} = \frac{10 \cdot (85,5 \cdot 0,175 \cdot 0,98 + 9,15 \cdot 0,12 + 3 \cdot 14,5 \cdot 0,12)}{10,8} = 16,3 \text{ МДж/га.}$$

Отже, наведена методика дозволяє отримувати загальну оцінку енергетичного впливу рушіїв тракторів та с.-г. машин на ущільнення ґрунту. Проектування технології вирощування с.-г. культур з мінімальним або оптимальним енергетичним навантаженням на ґрунт сприяє збереженню його родючості.

4.4. Оцінка машинних технологій за виносом ґрунту

Під час збирання цукрового буряку, картоплі та інших коренеплодів, ґрунт інтенсивно розпилюється, а частина його виноситься разом з коренеплодами за межі поля, що знижує вміст гумусу в ґрунті. Таке становище ускладнюється в разі роботи машин в екстремальних умовах, тобто за абсолютної вологості ґрунту 6...12 %, або більше 24 %. У таких випадках засміченість вроху коренеплодів зростає в 2...3 рази. У той же час, можна розрахувати і кількість ґрунту, який виноситься з поля, і кількість енергії, яка втрачається разом з винесеним ґрунтом.

Маса ґрунту, яка виноситься з поля визначається так (кг/га)

$$M_{зр} = 10 \cdot Y_o \cdot B_{зр}, \quad (4.5)$$

де Y_O – урожай продукції, т/га;

B_{zp} – можлива кількість ґрунту в урожаї у вигляді домішок, %.

Для цукрового буряка $B_{zp} = 0,03\text{--}1,3\%$.

Кількість енергії, яка винесена з ґрунтом з поля, визначають так:

$$E_{zp} = M_{zp} \cdot \frac{B_{zum}}{100} \cdot \alpha_{zum}, \quad (4.6)$$

де B_{zum} – вміст гумуса у винесеному ґрунті, %;

α_{zum} – енергетичний еквівалент гумусу, МДж/кг.

$$\alpha_{zum} = 20,9 - 21,4 \text{ МДж/кг.}$$

Енергоємність продукції (МДж/га) визначається так:

$$E_n = (Y_O - Y_{zo} - Y_{yo}) \cdot K_{co} \cdot \alpha_{no} + Y_n \cdot K_{cn} \cdot \alpha_{nn}, \quad (4.7)$$

де Y_O, Y_n – урожай основної і неосновної продукції, кг/га;

Y_{zo}, Y_{yo} – засміченість і усушка основної продукції, кг/га;

K_{co}, K_{cn} – коефіцієнт вмісту сухої речовини (с.р.) в основній і неосновній частині врожаю;

α_{no}, α_{nn} – енергетичний еквівалент одержаної основної і неосновної частини врожаю, МДж/кг с.р.

Рівень екологічності за виносом ґрунту визначають за формулою

$$K_{ez} = \frac{E_{zp}}{E_n}. \quad (4.8)$$

Приклад. Визначити рівень екологічності технології вирощування цукрового буряка, якщо Y_O – урожай продукції складає 30 тонн/га; B_{zp} – можлива кількість ґрунту в урожаї у вигляді домішок, до 1,1 %.

Маса ґрунту, яка винесена з поля за формулою (4.5)

$$M_{zp} = 10 \cdot 30 \cdot 1,1 = 330 \text{ кг/га.}$$

Кількість енергії, яка винесена з ґрунтом з поля за форму-

лою (4.6)

$$E_{\text{зр}} = 330 \cdot \frac{4}{100} \cdot 21 = 277 \text{ МДж/га.}$$

Енергоемність одержаної продукції визначається за формулою (4.7)

$$E_n = \left(30000 - \frac{30000 \cdot 1,5}{100} - \frac{30000 \cdot 2}{100} \right) \cdot 0,14 \cdot 18,26 + \\ + 12000 \cdot 0,12 \cdot 1,67 = 76413 \text{ МДж.}$$

Коефіцієнт екологічності за виносом ґрунту визначається за формулою (4.8)

$$K_{\text{е}} = \frac{277}{76413} = 0,0036.$$

Висновок. За рахунок виносу ґрунту родючість щорічно знижується на 0,36 %.

Компенсувати цю втрату можливо за рахунок внесення органічних та мінеральних добрив, використання сучасних методів землеробства, спрямованих на мінімізацію негативного впливу рушіїв на ущільнення та подрібнення ґрунту до пиловидного стану, а також застосуванням сучасної високотехнологічної техніки, яка забезпечує максимальне очищення коренеплодів від ґрунту.

4.5. Зв'язок енергії і площі ущільненого ґрунту рушіями техніки

На ущільнення ґрунту впливає не тільки вага трактора або сільськогосподарської машини, але й профіль шин, ширина захвату МТА, тиск в шинах. Для подальших досліджень зробимо такі припущення:

- що тиск в шинах залишається оптимальним для проведення технологічних операцій;
- агрегат рухається по полю, площею 100 га з рівними сторонами 1000×1000 м;
- спосіб руху агрегатів – човниковий.

За наведених припущень визначити кількість робочих ходів можна за формулою:

$$N_x = L_p / B_p, \quad (4.9)$$

де L_p – робоча довжина гону, м;

B_p – робоча ширина захвату агрегату, м.

За умови човникового руху, раціональними будуть петльові розвороти агрегату в кінці загінки. При цьому ширина поворотної смуги E повинна бути кратною конструктивній ширині захвату агрегату.

Наприклад, для агрегату John Deere 8345 + ЛДГ-20 ширина поворотної смуги E повинна складати не менше 40 м. Приймаємо цю величину з кожного боку поля. Тоді, робоча довжина гону L_p складе $1000 - 80 = 920$ м.

Робочу ширину захвату агрегатів визначаємо із залежності:

$$B_p = k \cdot B_k,$$

де k – коефіцієнт, що враховує перекриття суміжних проходів; складає 0,95...0,97 для лушильників, культиваторів, жаток і 1,1 – для плугів.

Площа, ущільнена рушіями тракторів буде залежати не тільки від геометричних розмірів поля, способу руху, але й від ширини профілю шин трактора.

Комплектація шин для даного трактора може бути різною, в залежності від вимог технологічної операції.

Для виконання польових ґрунтообробних операцій, доцільно комплектувати шинами, задніми 710/75 R42, передніми 600/70 R30. Тому розрахунки площі ущільнення проводимо, спираючись на ці типорозміри шин. До уваги беремо профіль задніх шин, так як 2/3 ваги трактора припадає на них.

Площу ущільнення рушіями трактора знаходимо за формулою:

$$S_y = N_x \cdot 2b_{ш} \cdot L_p, \quad (4.10)$$

де $b_{ш}$ – ширина профілю шини, тобто ширина сліду ущільнення, який залишає на полі трактор, м.

Наприклад, для агрегату John Deere 8345 + ЛДГ-20 робоча ширина захвату складе:

$$B_p = k \cdot B_k = 0,96 \cdot 20 = 19,2 \text{ м.}$$

Однак, у випадку використання навігаційних систем типу StarFire 6000/7000, що забезпечують ведення по паралельних лініях з точністю до $\pm 2,5$ см і навіть менше, фактично робочу ширину захвату можна прирівняти до конструктивної. Враховуючи те, що сьогодні трактори John Deere працюють переважно з телематичними та навігаційними системами, приймаємо саме такий варіант експлуатації МТА. Тобто, $B_p = 20$ м.

Тоді, кількість робочих ходів на даному полі при луценні стерні агрегатом John Deere 8345 + ЛДГ-20 за формулою (4.9) складуть:

$$N_x = B_n / B_p = 1000 / 20 = 50 \text{ проходів.}$$

де B_n – ширина поля, м; у нашому випадку, $B_n = 1000$ м.

Площа ущільнення рушіями трактора John Deere 8345 за формулою (4.10) складе:

$$S_y = 50 \cdot 2 \cdot 0,71 \cdot 920 = 65\,320 \text{ м}^2 \text{ або } 6,53 \text{ га.}$$

Якщо провести в середовищі Microsoft Excel елементарні розрахунки для різних агрегатів і на різних технологічних операціях, то з'ясуємо такі дані (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

**Ущільнення ґрунту рушіями трактора John Deere 8345
при агрегуванні з різними с.-г. машинами**

Трактор	СГМ	Робоча ширина захвату B_p , м	Кількість проходів	Ширина сліду $b_{ш}$, м	Довжина гону L_p , м	Площа ущільнення S , га
John Deere 8345	ЛДГ-20	20	50	0,71	920	6,53
	JD726	9,38	111	0,71	920	14,51
	JD1895	11	95	0,71	920	12,37
	JD2210	7,4	141	0,71	920	18,39
	JD3810	2,8	372	0,71	920	48,60

Як бачимо з даних, наведених у табл. 4.7 в залежності від агрегування з СГМ, площа ущільнення дуже різниться і складає від 6,5 до 48,6 га. Так, найбільше її значення – 48,6 га – складає при роботі трактора з плугом JD3810.

Інтерпретуючи дані в графічну залежність, можемо виявити практично лінійну залежність площі ущільнення ґрунту і затраченої енергії на її ущільнення (рис. 4.1).

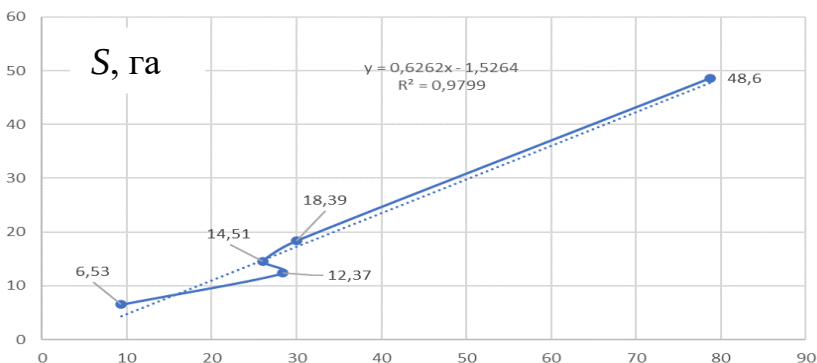


Рис. 4.4. Залежність площі ущільнення ґрунту рушіями трактора John Deere 8345 і енергії, затраченої на це ущільнення

Як видно із наведеної залежності, локальний незначний нелінійний характер закономірності має в області значень 25...30 МДж (рис. 4.4). Це пов'язано із застосуванням комбінованих ґрунтообробних та посівних агрегатів. Об'єднання декількох операцій в одному агрегаті і призводить до локалізації точок навколо лінії тренда.

Математично залежність параметра S від E для тракторів John Deere 8345 можна описати рівнянням:

$$S = 0,626 \cdot E - 1,526$$

Наведене рівняння описує залежність з вірогідністю 98%.

Дану формулу можемо використовувати для розрахунку ущільненої площі і затраченої енергії на ущільнення ґрунту МТА.

При експлуатації зернозбиральних комбайнів, ґрунт рушіями комбайнів ущільнюється на глибину до 80 см, а деформація ґрунту без суттєвого зрушення структури відчувається ще на глибині до 2 м. Отримані за вищенаведеною методикою значення параметрів S і E (рис. 4.5) показують, що найменшу кількість енергії, затраченої на ущільнення ґрунту мають комбайни КЗС-9-1

«Славутич» (19,6 МДж/га); John Deere 670i (18,48) та Case IH 2388 (17,92).

S , га
 E , МДж/га

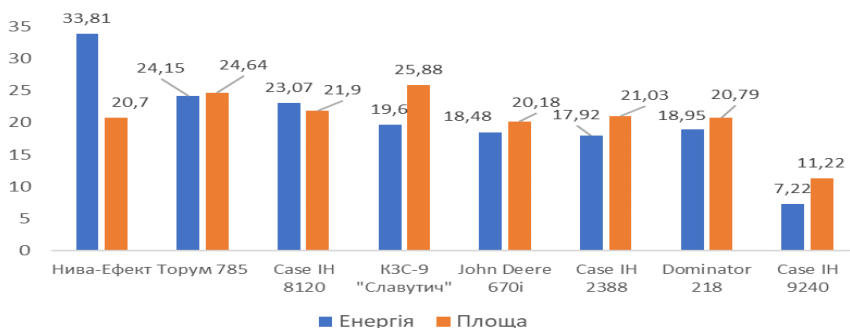


Рис. 4.5. Енергія і площа ущільнення ґрунту рушіями зернозбиральних комбайнів

При цьому, найбільшу площу ущільнення має комбайн КЗС-9-1 «Славутич» та Торум 785. Це вказує на нижчий технічний рівень вказаних марок техніки. Тому, для використання в технологічних картах плануємо комбайни типу John Deere 670i. Комбайни Case IH 2388 планувати недоцільно, так як їх випуск на сьогодні припинений, хоч на вторинному ринку вони є. З графіка якісно виділяється комбайн Case IH 9240, обладнаний жаткою MacDon FD 75. Він має найменші показники за параметрами E і S . Це пов'язано з тим, що даний комбайн обладнаний напівгусеничним ходом та жаткою, шириною захвату 13,7 м.

Слід зауважити, що зернозбиральний комбайн КЗС-9-1 «Славутич» проектувався ще в 1990-х років, перше випробування його відбулося в серпні 1996 року, а випуск тривав на початку 2000-х років. Тому й вимоги (технічні, економічні, ергономічні) у ньому були закладені ті, які діяли ще того часу. Сучасна техніка є більш щадною до довкілля.

Таблиця 4.8

**Варіанти завдань для розрахунку коефіцієнту екологічності за
виносом ґрунту**

№ варіан- ту	С.-г. культура	Вміст ґрунту, урожаї, %	Урожай, т/га		Енергетичний еквівалент, МДж/кг с.р.		Коефіцієнт вміс- ту сухої речови- ни		Основна продукція	
			коре- нів	гич- ки	коренів	гички	коренів	гички	засміче- ність, %	усушка, %
1	Цукровий бурак	1,1	30	12	18,26	1,67	0,14	0,12	1,5	2,0
2		0,08	35	15	18,26	1,67	0,14	0,12	2,0	2,5
3		1,00	40	18	18,26	1,67	0,14	0,12	2,5	3,0
4		1,25	45	20	18,26	1,67	0,14	0,12	3,0	3,5
5	Кормо- вий бурак	0,05	50	–	16,39	–	0,25	–	1,5	3,0
6		0,75	60	–	16,39	–	0,25	–	2,5	3,5
7		1,10	70	–	16,39	–	0,25	–	3,5	4,0
8	Картопля	0,02	24	–	18,29	–	0,20	–	2,5	2,0
9		0,08	22	–	18,29	–	0,20	–	3,0	2,5
10		1,05	20	–	18,29	–	0,20	–	3,5	3,0
11	Морква	0,90	30	–	14,36	–	0,10	–	3,0	2,5
12		1,20	35	–	14,36	–	0,10	–	3,5	3,0
13		1,50	20	–	14,36	–	0,10	–	4,0	3,5
14		1,70	25	–	14,36	–	0,10	–	2,5	–

Контрольні запитання

1. Який зв'язок між енергією, затраченою на ущільнення ґрунту і величиною ущільнення ґрунту?
2. Які діапазони тиску колісних рушіїв і гусеничних?
3. Назвіть заходи щодо зменшення негативного впливу рушіїв техніки на ґрунт.
4. Як оцінити машинні технології за виносом ґрунту?
5. Як визначити затрати енергії на ущільнення (деформацію) ґрунту?
6. Які оптимальні значення щільності ґрунту?
7. Чим небезпечне переущільнення ґрунту?
8. Який період релаксації ґрунту після негативної дії рушіїв енергетичного засобу?
9. Як визначити масу ґрунту, яка може бути винесена з поля при збиранні коренебульбоплодів?

10. Дайте визначення терміну рівень екологічності технології виробництва сільськогосподарської продукції за енергонасиченістю.

11. Як підрахувати кількість затраченої енергії на виробництво с.-г. продукції?

12. Які організаційні заходи при виробництві с.-г. продукції сприятимуть зменшенню ущільнення ґрунту?

Перелік використаної та рекомендованої літератури

1. Дипломне проектування з машиновикористання в рослинництві: навч. посіб. / за ред. А. С. Кобця. Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2007. 288 с.
2. Деркач О. Д., Макаренко Д. О., Мельниченко В. І. Інтегрування web та мобільних застосунків при використанні цифрового педетрометра S600. // *Раціональне використання енергії в техніці. TechEnergy 2023* : збірник тез доповідей XIX Міжнар. наук. конф. (18-19 травня 2023 року) / Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2023. С. 9-17.
3. Деркач О. Д., Макаренко Д. О., Бондаренко О. О., Титаренко С. С., Дворник О. В. До питання уточнення визначення коефіцієнта використання конструктивної ширини захвату агрегату. *Збірник тез доповідей X Міжнар. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» з нагоди 116-ї річниці від дня народження д. техн. н., проф., члена-кореспондента ВАСГНІЛ, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 23-24 лют. 2023 р.*, Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2023. С. 235-237.
4. Ільченко В. Ю., Нагірний Ю. П., Джолос П. А. та ін. Машиновикористання в землеробстві. К.: Урожай, 1996. 382 с.
5. Ільченко В. Ю., Карасьов П. І., Лімонт А. С. та ін. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / за ред. В. Ю. Ільченка. К. : Урожай, 1993. 288 с.
6. Ільченко В. Ю., Кобець А. С., Мельник В. П., Карасьов П. І., Кухаренко П. М., Ільченко А. В. Практикум з використання машин у рослинництві. Дніпропетровськ, 2002. 212 с.
7. Кобець А. С., Деркач О. Д., Ролдугін М. І., Яцук В. М., Кухаренко П. М., Пугач А. М. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні. Дніпропетровськ, 2014. 285 с.
8. Kobets Anatolii, Derkach Oleksii, Volovyk Iryna, Nor Kyrylo. Investigation of the influence of crop cultivation technologies on soil compaction in the steppe zone of Ukraine. Scientific technical union of mechanical engineering "INDUSTRY 4.0". International Scientific

conference “Constrving Water and Soil”, 06-09.09.2023. Varna, Bulgaria, 2023. P. 60-63.

9. Макаренко Д. О., Деркач О. Д., Говоруха В. Б., Веселовська Н. Р. Модернізація рухомих з’єднань секції посівного комплексу. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. № 4 (123), 2023. С. 12-20.

10. Павліський В. М., Нагірний Ю. П., Мельник І. І. Проектування технологічних систем рослинництва : навч. посіб. Тернопіль: Збруч, 2003 р. 288 с.

11. Разанов С. Ф. Екологічна ефективність використання бобових багаторічних попередників пшениці озимої. *Сільське господарство та лісівництво* : зб. наук. пр. Вінницького НАУ. 2020. № 17. С. 167-176.

12. Технології вирощування зернових і технічних культур в умовах Лісостепу України / за ред. П. Т. Саблука, Д. І. Мазоренка, Г. Є. Мазнева. 2-є вид., доп. К. ННЦ ІАЕ, 2008. 720 с.

13. ТОВ «АГРО КМР» : URL: <https://agrokmr.com.ua/pro-nas>.

14. Wolkowski, R., & Lowery, B. (2008). Ущільнення ґрунту: причини, проблеми та засоби (публікація Університету Вісконсина. № 3367).

ДОДАТКИ

Операційно-технологічна карта – це основний документ, який регламентує виконання певної технологічної операції. Є незамінним документом, в якому повністю висвітлено агротехнічні вимоги до проведення операції; вказані норми внесення технологічних матеріалів; підбір, розрахунок та рекомендації щодо обґрунтування машинно-тракторних агрегатів, їх регулювання та налаштування на роботу; наведені методи контролю якості та заходи з охорони праці при виконанні робіт. Цей документ може мати інтерпретації в межах та згідно вимог конкретного агропідприємства. Даний документ – це фактично завдання для механізатора. Чим більше її наповнить інженер, агроном, тим більше інформації до виконання завдання отримає механізатор і, очевидно, тим якісніше буде виконана робота. Операційно-технологічна карта може бути у паперовому та електронному вигляді. Нижче наведено декілька операційно-технологічних карт.

ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА НА ЛЕМІШНО-ВІДВАЛЬНУ ОРАНКУ

1. Призначення оранки

Обробіток ґрунту – це пряма дія на нього робочими органами ґрунтообробних знарядь з метою надання таких властивостей, при яких підвищується його родючість, забезпечується ефективна боротьба зі шкідниками, хворобами та бур'янами, створюються сприятливі умови для росту та розвитку культурних рослин та отримання максимально можливого врожаю.

Лемішно-відвальний обробіток ґрунту повинен забезпечувати:

- підрізання ґрунтового пласта на заданій глибині;
- перевертання пласта;
- кришення пласта;
- загортання пожнивних решток;

- підрізання кореневої системи багаторічних бур'янів.

Одночасно з обертанням пласта поверхня леміш-відвал кришить ґрунт до частинок 5...20 мм з їх кількістю 20...30 %, частинок 5...0,25 мм – 45...60%.

Для створення оптимальних умов для проростання насіння та послідуєчого розвитку культурних рослин лемішно-відвальний обробіток повинен забезпечити щільність орного шару на глибині сівби – 1,2...1,3 г/см³, в орному шарі 1,08...1,2 г/см³.

2. Агротехнічні вимоги до лемішно-відвального обробітку ґрунту

1. Плуг лемішно-відвальний використовується на всіх типах ґрунтів, крім ґрунтів засмічених каменями. Питомий опір ґрунтів кришенню підрізання 36...96 кПа.

2. Плуг повинен забезпечувати глибину обробітку ґрунту до 27 см з допустимим відхиленням не більше ± 2 см.

Плуги ярусні повинні мати регулювання занурення робочих органів до 32 см.

3. Конструкція плуга повинна забезпечувати підрізання пласта в горизонтальній та вертикальній площині. Між стінкою борозни та зовнішньої частина правих рушіїв повинна бути відстань не менше 350 мм, щоб запобігти сповзанню тягача в борозну.

4. Робочі органи плуга повинні забезпечувати повне підрізання бур'янів на заданій глибині обробітку.

5. Робочі органи плуга повинні загортати не менше 95 % подрібнених поживно-корневих залишків та внесених добрив.

6. Після проходження плуга кришення ґрунту повинно мати наступні показники:

- частинки розміром 2...10 мм – не менше 40 %;
- частинки розміром 10...18 мм – не менше 35 %;
- частинки розміром 0,25...5 мм – не більше 5 %;
- частинки розміром менше 0,25 мм – не повинно бути;
- глиби розміром більше 10 см – не більше 1 на 1 м².

7. Глибина розвальної борозни – не більше 10 см, зваляного гребеню – 7 см.

8. Пропуски та огріхи не допустимі.

9. Поворотні полоси обробляють з оборотом пласта в сторону поля.

10. Вказані показники якості обробітку повинні дотримуватись в діапазоні вологості ґрунту 17...22 %.

3. Умови роботи агрегату

Фоном для роботи лемішно-відвальних плугів є поля, що оброблені дисковими лушильниками або поля, після їх обробітку важкими дисковими боронами.

Для якісного загортання в ґрунт стерні зернових колосових культур, подрібнених дисковими лушильниками, повинна бути вказана довжина рослинних решток, густина їх на поверхні поля.

Необхідною умовою задовільної роботи орного агрегату на полі, де проведено дискування залишків після збирання високої стеблових культур, є наявність їх кількості на полі та ступінь їх підрізання.

Звичайна густина зернових колосових культур знаходиться в межах 2,5...7,5 млн. шт./га ($250...750 \text{ шт./м}^2$) при висоті стерні, що залишилась 15...25 см. Густина високо-стеблових культур (кукурудза, соняшник, сорго та ін.) складає 25...110 тис. шт./га ($2,2...7 \text{ шт./м}^2$) та висоті стерні 15...35 см. Дискові лушильники та дискові борони, що використовуються в країні, забезпечують вимоги технології по якості поверхневого обробітку ґрунту та створюють необхідні умови для задовільної роботи орних агрегатів.

Техніко-економічні показники роботи МТА для лемішно-відвального обробітку ґрунту (продуктивність, витрата палива, надійність процесу, якість виконання процесу та ін.) залежать від розміру полів, їх конфігурації, питомого тягового опору кришення, наявності каменів, піску, глини, вологості, вмісту гумусу, похилу поля та ін.

Технічна характеристика плугів

Модель	Ширина захвата, м	Робоча швидкість, км/ч	Глибина обробки, см	Площа га/год	Вага, кг	Потужність трактора, кВт
ПНВ-3-35	1,05	7-8	до 30	0,63-0,84	430	40
ПНВ-5-35	1,4	7-8	до 30	1-1,25	520	100
ПНВ-6-35	2,2	7-8	до 30	1,5-1,9	880	170
ПОН-2-25	0,5	7-9	до 30	0,4-0,6	200	30
ПОН-3-35	1,05	7-9	до 30	0,6-0,9	750	80
ПОН-5-35	1,75	7-9	до 30	1,1-1,4	820	150
ПН-8-35	2,8	7-9	до 30	2,24-2,88	2175	300-320
Master A9	2,52-4,5	7-9	до 30		3910	280-340
Master A6	2,28-3	7-9	до 30		2950	150-210
ПНЯ-6-42	2,52	8,5-9	27-35	1,2-1,9	1670	280-310
Lemken Europa l6	1,2-2	7-9	до 30		907	81-110
Lemken Europa l9	1,8-3	7-9	до 30		1710	185-280
Lemken Diamant 8	2,64-4	7-9	до 30		3200	140-190
Lemken Timan 8	3,96-5	7-9	до 30		5258	309-420
Gaspardo Mirco 8	2,4-4	7-9	до 30		3687	300-380
Kuhn Challenger	4,24-5,4	7-9	до 40			420
GREGOIRE BESSON SPLM B9	2,4-4	7-9	до 30			

Кам'янисті ґрунти з тим чи іншим вмістом твердих включень розташовуються головним чином у Прикарпатті. У зоні Полісся розміри полів від 15 до 30 га, а у зоні Степу – від 30 до 80 га і більше.

Ґрунти полів України підрозділяються на легкі, середні, середньо-важкі та важкі з питомим опором їх обробітку від 30 до 150 кН/м² при вмісту фізичної глини від 20 до 51 % і більше.

4. Знаряддя для лемішно-відвального обробітку ґрунту

У якості знарядь для відвального обробітку ґрунту в сільськогосподарському виробництві України використовуються технічні засоби як вітчизняного так і зарубіжного виробництва (рис.1, 2) – це лемішно-відвальні плуги. За умов раціонального агрегатування та регулювання, усі плуги виконують оранку згідно агровимог.



Рис. 1. Плуг ПОН-3-35



Рис. 2. Орний агрегат з плугом KUHN

5. Технологічний процес роботи плуга

Під час руху орного агрегату дисковий ніж відрізує ґрунт між плугом і незораним полем. Передплужники встановлені біля корпусу, підрізують верхній шар на глибину до 12 см, підіймають його, обертають та скидають на дно борони.

Корпуси плуга підрізають своїми лемішами пласти у горизонтальній і вертикальній площині; при русі по поверхні відвалу пласт подрібнюється, обертається та потрапляє до пласту ґрунту, попередньо скинутого на дно борони передплужниками.

Основні пласти схилені вправо по ходу орного агрегату та щільно прилягають один до одного.

6. Підбір та розрахунок складу агрегату

Тяговий розрахунок плуга проводимо з врахуванням допустимого навантаження на трактор:

$$P_{\partial} \geq \sum R \quad (1)$$

де: P_{∂} – дотична сила на ведучих колесах трактора, кН;

$\sum R$ – сумарний тяговий опір плуга, кН;

Сумарний тяговий опір визначаємо:

$$\sum R = R_{po} + R_{пер} + R_i + R_{руш}, \quad (2)$$

де: R_{po} – тяговий опір робочих органів, кН;

$R_{пер}$ – тяговий опір перекочування знаряддя, кН;

R_i – тяговий опір руху на підйом, кН;

$R_{руш}$ – тяговий опір на подолання інерції спокою при русі з місця, кН.

Спрощено тяговий опір робочих органів знаряддя визначаємо за формулою:

$$R_{po} = q \cdot B_p \cdot h \quad (3)$$

де: q – питомий тяговий опір руйнуванню ґрунту, кН/м²;

B_p – робоча ширина захвату плуга, м;

h – глибина обробітку, м.

Тяговий опір перекочуванню плуга знаходять за формулою:

$$R_{пер} = G_{pm} \cdot f, \quad (4)$$

де: G_{pm} – сила тяжіння знаряддя, кН.

Сила тяжіння визначається:

$$G_{pm} = m \cdot g, \text{ кН} \quad (5)$$

де: m – маса плуга, кг;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

f – коефіцієнт перекочування, $f = 0,14 \dots 0,20$.

Тяговий опір руху агрегату на підйом :

$$R_i = G_{pm} \cdot i, \text{кН} \quad (6)$$

де: i – нахил поля, %.

Опір при рушанні з місця:

$$R_{pyu} = m \cdot \frac{V_g}{t_p}, \text{кН} \quad (7)$$

де: V_g – робоча швидкість руху МТА, м/с;

t_p – час розгону МТА, с. $t_p = 2 \dots 3$ с.

За результатами додавання всіх складових тяговий опір плуга $R_{nl} = \sum R$ підбирають трактор та за тяговою характеристикою знаходять P_{mn} – номінальне тягове зусилля на обраній робочій (передачі) швидкості виконання технологічної операції. При цьому $P_{mn} > R_{nl}$.

В подальшому розраховуємо фактичну ступінь завантаження трактора за тяговим зусиллям:

$$\xi_p = \frac{R_a}{P_{mn} - G_m \cdot \frac{i}{100}} \quad (8)$$

Значення, що рекомендується повинно бути в межах $\xi_p = 0,80 \dots 0,95$.

Оцінюють ступінь завантаження двигуна трактора за потужністю:

$$\xi_{N_e} = \frac{N_e}{N_{en}} \quad (9)$$

де: N_e – фактична потужність необхідна для роботи агрегату, кВт.

Фактична потужність визначається за формулою:

$$N_e = \frac{R_{nl} + G_{mp} \cdot (f + \frac{i}{100})}{3,6 \cdot \eta_m \cdot \eta_\delta} \quad (10)$$

де: η_m – механічний ККД трансмісії тракторів;

η_{δ} – коефіцієнт, що враховує втрати потужності на буксування рушіїв. $\eta_{\delta} = 1 - \frac{\delta}{100}$, δ – відсоток буксування рушіїв.

N_{en} – номінальна потужність двигуна трактора, кВт.

Номінальне значення ξ_p повинно бути в межах 0,7...0,8.

7. Підготовка орного агрегату до роботи

Підготовку МТА розглянемо на прикладі агрегату: трактор John Deere 6175M та плуг Kuhn MM122.

7.1. Підготовка плуга

7.1.1. Перевірити та забезпечити товщину леза леміша в межах 0,85...1,0 мм.

7.1.2. Перевірити збирання корпусів плуга, при цьому:

- відвал не повинен виступати над лемешем;
- головки болтів кріплення лемешів, відвалів, польових дошок не повинні виступати;
- забезпечити положення носків лемешів на одній лінії;
- встановити передплужники;
- на глибину обробітку на 1/3 від занурення основних корпусів;
- відстань між задньої поверхнею корпусу та корпусу передплужника встановити рівним глибині обробітку.

7.2. Підготовка трактора

7.2.1. Налаштувати навісний пристрій на двоточкову систему і змістити нижню тяги і центральний гвинт вправо на 140 мм.

7.2.2. Встановити довжину вертикальних розкосів по 650 мм.

Навісити плуг на гідросистему трактора.

7.3. Регулювання плуга на глибину оранки
7.3.1. За допомогою вертикальних розкосів і центрального гвинта гідросистеми встановити плуг в горизонтальне положення.

7.3.2. Під опорне колесо плуга встановити прокладку товщиною на 2 ... 4 см менше заданої глибини.

Гвинтовим механізмом опустити колесо на прокладку.

7.3.3. Відрегулювати глибину занурення передплужників та їх винос щодо основного корпусу.

8. Підготовка поля для роботи в ньому орного агрегату

1. Визначити напрямок руху орного агрегату. Бажано по довшому боці поля, але обов'язково поперек напрямки схилу.

2. Відбити поворотні смуги. Для цього необхідно створити паралельні лінії за допомогою інструментів точного землеробства або зробити це фізично на полі.

Ширину поворотної смуги знайдемо за виразом:

$$E = 1,5R + e, \text{ м} \quad (9)$$

де: R – радіус повороту агрегату, м

$$R = K_R \cdot R_0, \text{ м} \quad (10)$$

де: K_R – коефіцієнт, коефіцієнт, що враховує збільшення радіусу повороту з збільшенням швидкості повороту V_n .

R_0 – радіус повороту при $V_n = 5$ км/год.

$$R_0 = B_K \quad (11)$$

де: B_K – конструктивна ширина захвату агрегату, м.

e – довжина виїзду агрегату за контрольну лінію, м.

$$e = 0,5 \cdot l_k \quad (12)$$

l_k – кінематична довжина агрегату, м.

$$l_k = l_T + l_{\text{плуга}} \quad (13)$$

l_T и $l_{\text{плуга}}$ – кінематична довжина трактора и плуга.

3. Розбити поле на загінки.

3.1. Провести лінію першого проходу МТА від краю поля на відстані, яка дорівнює площі ділянки 2...3 денного виробітку агрегату.

3.2. Оранка виконується човниковим способом, так як даний плуг оборотний.

3.3. Поворотні смуги оброблюються після оранки загонів.

9. Робота агрегату в полі

Нагадаємо, що змінну продуктивність агрегату розраховують за формулою:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_{зм} \cdot \tau \quad (14)$$

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}} - \text{коефіцієнт використання часу зміну};$$

T_p – час основної роботи, год;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, год. $T_{зм} = 7$ год.

B_p – робоча ширина захвату орного МТА, приймаємо $B_p = B_p$.

Для розрахунків приймаємо $\tau = 0,78$.

Питомий витрата палива кг/г можна розрахувати згідно рівнян-

ня

$$g_{га} = \frac{G_p \cdot T_p + G_{пов} \cdot T_{пов} + G_{пер} \cdot T_{пер} + G_o \cdot T_o}{W_{гм}} \quad (15)$$

G_p , $G_{пов}$, $G_{пер}$, G_o – відповідно витрата палива при виконанні роботи, при виконанні поворотів, на переїздах та при зупинках з працюючим двигуном.

Витрата палива тракторами

Марка трактора	Витрата палива, кг/год			
	Під навантаженням	На зворотах	На переїздах	На зупинках з робочим двигуном
К-701	32...51	23...27	19...25	4,0
ХТЗ-17021	23...30	12...15	9...11	2,4
ХТЗ-181	21...27	12...15	10...12	2,3
МТЗ-80.1	11...19	6...8	5...7	1,7
ЮМЗ-8070	10...15	5...7	4...6	1,4

T_p , $T_{пов}$, $T_{пер}$, $T_{зуп}$ – відповідно час роботи, на повороти на переїзди і на зупинки з працюючим двигуном, год.

$$T_p = T_{зм} \cdot \tau; \tau = 0,78.$$

$$T_{пов} = T_{см} \cdot \tau_{пов}; \quad \tau_{пов} = \frac{V_{пов} \cdot t_{пов}}{3,6 \cdot \alpha};$$

$$V_{пов} = V_p, \quad t_{пов} = 40 \text{ с},$$

$$T_{пер} = 26 \text{ хв}, \quad T_{зун} = 30 \text{ хв}.$$

Приклад розрахунку тягового опору плуга Kuhn MM 122.

Вихідні дані.

Стерня після збирання кукурудзи.

$$q = 54 \text{ кН/м}^2$$

$$\text{Довжина поля } L = 1000 \text{ м}.$$

$$\text{Нахил поля } i = 3\%.$$

$$\text{Глибина оранки } h = 0,27 \text{ м}.$$

$$\text{Робоча швидкість на оранці } V_p = 7,2 \text{ км/год. (2 м/с).}$$

$$\text{Коефіцієнт опору кочення } f = 0,135.$$

$$\text{Час розгону агрегату } t_p = 3 \text{ с}.$$

$$\text{Маса плугу ПЛН-4-35 } m = 0,71 \text{ т}.$$

Рішення:

За формулою (3) тяговий опір робочих органів:

$$R_{po} = q \cdot B_p \cdot h \cdot V_p = 54 \cdot 7,2 \cdot 0,27 \cdot 1,4 = 14,7 \text{ кН}$$

За формулою (4) тяговий опір на перекочування:

$$R_{пер} = G_{р.м} \cdot f = 0,71 \cdot 9,81 \cdot 0,135 = 0,94 \text{ кН}$$

За формулою (6) тяговий опір руху агрегату під гору:

$$R_i = G_{р.м} \cdot i / 100 = 0,71 \cdot 9,81 \cdot 3 / 100 = 0,21 \text{ кН}$$

За формулою (7) тяговий опір на подолання інерції спокою при рушанні МТА:

$$R_{ин} = m \cdot V_p / t_p = 0,71 \cdot 2 / 3 = 0,47 \text{ кН}$$

За формулою (2) повний тяговий опір

$$\sum R_i = R_{пл} = R_{po} + R_{пер} + R_i + R_{ин} = 14,7 + 0,94 + 0,21 + 0,47 = 16,32 \text{ кН}$$

Трактор ДТ-75М при $N = 0,9 N_{Tmax}$ на 4 передачі, при цьому:

$$P_m = 21,2 \text{ кН}; \quad V_p = 7,33 \text{ км/год}; \quad N_m = 43,3 \text{ кВт}$$

$$\text{Як бачимо: } P_m > R_{пл} \text{ та } R_{пл} / P_m = 16,32 / 21,2 = 0,77$$

Проведемо перевірку здатності орного агрегату по умовам зчеплення гусениці з ґрунтом:

$$(T_H) \text{ або } P_3 \geq \sum R_i;$$

$$P_3 = \mu \cdot G_3$$

де: μ – коефіцієнт зчеплення, для трактора ДТ-75М – 0,7.

G_3 – зчіпна вага трактора, кН.

Для гусеничного трактора $G_3 = G$

$$G = 64,3 \text{ кН}$$

З урахуванням цього:

$$P_3 = 0,7 \cdot 64,3 = 45 \text{ кН}$$

$$P_3 \geq R_{nl}$$

Змінна продуктивність:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_{зм} \cdot \tau = 0,1 \cdot 1,47,33 \cdot 7 \cdot 0,78 = 5,6 \text{ га/зм.}$$

$$W_{год} = 0,8 \text{ га/год.}$$

За формулою (15)

$$g_{га} = \frac{G_p \cdot T_p + G_{пов} \cdot T_{пов} + G_{пер} \cdot T_{пер} + G_o \cdot T_o}{W_{зм}} =$$

$$= \frac{14 \cdot 5,46 + 7 \cdot 0,54 + 7 \cdot 0,43 + 1,8 \cdot 0,5}{5,6} \approx 15 \text{ кг/га}$$

10. Контроль якості роботи

У відповідності з агротехнічними вимогами на проведення лемішно-відвальної оранки контролюють:

- фактичну глибину обробітку (відхилення не більше $\pm 1,0$ см);
- якість кришення ґрунту (90 % грудок повинні мати розміри в межах 1,0...10,0 мм);
- якість обертання пласта та загортання пожнивно-коренових залишків та добрив (98 % пожнивних решток мають бути загорнуті);
- висоту гребенів та глибину розвальних борозен (різниця не більше 7 см).

При відхиленні від вимог проводять відповідні регулювання та зміни режимів різання.

11. Охорона праці

При налаштуваннях плуга, обслуговуванні трактора чи проведенні ремонтних робіт двигун трактора повинен бути зупинений. До роботи допускаються особи, що знають будову сільськогосподарських машин, мають посвідчення на право роботи на МТА. При з'єднанні трактора зі знаряддям знаходження людей між машиною та трактором не допустимо.

Варіанти завдань

Склад агрегату	Маса, кг		Довжина поля, м	Питомий опір, кН/м ²	Глибина оранки, м	Коефіцієнт перекоч.	Час розгону, с.	Ухил, i, %
	трактор	плуг						
МТЗ-80 + ПЛН-3-35	3160	522	415	37	0,19	0,10	1,2	3,5
ХТЗ-17021 + ПЛН-6-35	7535	1230	780	48	0,25	0,12	2,0	2,5
ХТЗ-17021+ ПНЯ-4-40	7535	1285	675	52	0,32	0,17	1,65	2,0
МТЗ-80 + ПЛН-3-35	3160	522	435	34	0,22	0,11	2,3	1,9
ХТЗ-17021 + ПЛП-6-35	7535	1230	715	49,5	0,25	0,13	2,5	1,5
ХТЗ-17021+ ПНЯ-4-40	7535	1285	650	53	0,34	0,12	2,6	2,7

Довідкові дані по кінематичній довжині тракторів і плугів

трактор	h _т ,м	плуг	h _{пл.} ,м
ХТЗ-17021	2,0	ПЛН-6-35	6,1
		ПЛН-5-35	4,3
		ПНЯ-4-35	3,8
МТЗ-80	1,2	ПЛН-3-35	2,6

ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА НА ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ, ЗЕРНОБОБОВИХ І КРУП'ЯНИХ КУЛЬТУР

1. Загальні положення

Збирання врожаю – це складний і трудомісткий комплекс робіт, в якому задіяний великий набір мобільних і стаціонарних агрегатів, транспортних засобів, людей.

У сільському господарстві складові виробничих циклів мають ймовірнісний характер. Це відноситься й до збирання врожаю. Тривалість збирання визначається багатьма факторами, серед яких найголовнішими є біологічний стан розвитку рослин, особливості сорту, погодні умови та інші фактори.

Збирання зернових та круп'яних культур починають у фазі воскової стиглості. Перед досягненням цього стану врожай дозріває. Дозрівання – це складний процес, що визначає продовольчу та товарну цінність зерна. У процесі дозрівання зерно проходить молочну, молочно-воскову, воскову та повну фази стиглості. Ця фаза стиглості характеризується певними етапами та ознаками. При цьому змінюється забарвлення, структура, вологість, абсолютна маса, механічні властивості зерна. У фазі повної стиглості зерно досягає максимуму. При перестойі в наслідок зменшення вологості збільшуються втрати від осипання та ушкодження шкідниками. У зв'язку з відміченим строки збирання біологічно максимального врожаю встановлюються в 3-4 дні. Однак це пов'язано з необхідністю мати велику кількість дорогих збиральних машин. Тому практика запропонувала різноманітні способи пролонгованого збору врожаю без його втрат. Це, головним чином, відведення частина площі посівів під роздільне збирання, коли врожай скошують при дещо підвищеній вологості. В цьому випадку дозрівання та досихання проходить у валках.

Підвищення продуктивності комбайнів на збиранні може бути досягнуте подачею в молотильно-сепаруючий механізм тільки колосків або суміші колосків, зерна та полови. Це, так званий, ме-

тод вичісування. Тоді для більшості полів, що мало засмічені та мають рівномірне дозрівання, цей спосіб є домінуючим.

2. Умови роботи комбайну

Зернозбиральні комбайни працюють на збиранні зернових колосових, зернобобових та круп'яних культур при висоті стебел від 45 см до 1,2 м. Щільність розміщення рослин може коливатись в широких межах і складати 80...750 штук на 1 м². Урожайність культури, що збирається досягає 12-20 ц/га – круп'яних та бобових культур та 50...80 ц/га – для зернових колосових на богарі та в умовах зрошення. Посіви можуть бути в тій чи іншій мірі полеглими, що накладає відповідні додаткові вимоги на збирання без втрат.

Культури, що збираються можуть мати слабу, середню або високу засміченість. В останньому випадку пряме комбайнування практично неможливе. Такі ділянки скошують на звал і після підсихання бур'янів (2-4 дні) починають підбір валків.

Поля, де дозрівають врожай зернових і круп'яних культур можуть мати розміри від 20 до 180 га, при довжині гону 250...850 м. Похил полів може бути від 0 до 7 %. Всі ці фактори необхідно враховувати при виборі способу збирання та механічних засобів.

Варто зазначити, що виробники сьогодні випускають комбайни, оснащені інтелектуальним управлінням, яке корегує регулювання в залежності від агротехнічних умов. Це такі комбайни, як FENDT IDEAL 9, JOHN DEERE 670i та ряд інших.

3. Агротехнічні вимоги до збирання зернових, зернобобови та круп'яних культур.

Основним показником, який визначає агротехнічні вимоги до комбайнового збирання зернових, бобових і круп'яних культур, є величина втрат врожаю та його кількості, що залежить від режимів скошування, обмолоту і сепарування хлібного вороху.

Нормальна висота зрізу зернових культур знаходиться в межах 15–18 см, для полеглих хлібів – 10–12 см і для сильно полеглих – 5–6 см.

Для хлібів з нормальною висотою і густотою стебел, але таких, що мають підсів багаторічних трав або зелений підгін, висота зрізу повинна відповідати висоті підсіву.

Підбираючи валки, комбайн з підбирачем не повинен пошкоджувати сусідні валки.

Втрати зерна при прямому комбайнуванні та підборі валків не повинні перевищувати:

- за жаткою комбайна – 1,5 %;
- за молотаркою і сепаратором – 1,5 %;
- при підборі валків 0,5 %.

2. Кількість подрібненого і пошкодженого зерна не повинна перевищувати 1%.

3. Чистота зерна в бункері при прямому комбайнуванні незабур'янених хлібів вологістю до 18 % не має бути нижче 95 %, а при підборі валків – 96 %.

Тривалість збирання (табл. 1) повинна вкладатися у відповідні строки.

Таблиця 1

Строки збирання зернових колосових культур

Культура	Тривалості днів	при способі збирання	
		обмолот валків	прямому комбайнуванні
Пшениця озима	11-12	4-5	6-8
Ожина жито	3-4	3-4	3-4
Ячмінь	6-7	4-5	2-5
Овес	5-6	3-4	2-3

4. Технологічний процес роботи зернозбирального комбайну

Хлібна маса, що подається (при підборі валків або при прямому комбайнуванні) транспортером похилої камери направляється на барабан прискорювач приймальної камери. Прискорена хлібна маса рухається в приймальну камеру молотильного барабану та білами протягується в зазор молотильно-сепаруючого механізму, що зменшується у напрямку руху маси, де одночасно

проходить витирання та вибиття зерна з колосків. Дека (підбарабання) – перфороване та через його отвори проходить 60...65 % вимолоченого зерна та зсипається на стрясну дошку, звідки поступає на верхнє, а потім нижнє решето очистки. Решета очистки здійснюють зворотно-поступальний рух та крізь їх отвори проходить під деяким тиском повітряний потік від вентиляторів. В цьому в механізмі проходить очищення зерна від полови та кусочків соломи.

Солому разом з залишеним в ній зерном молотильний барабан подає на бітер. Тут проходить подальше розподілення хлібної маси. Солома та незначна кількість зерна в ньому, бітером відкидається на багатоярусний клавійний соломотряс, де зерно повністю відділяється від соломи і разом з зерном, що пройшло через отвори деки під бітером направляється на решітний стан. Зерно х нижнього решета зсипається в колосовий шнек та з нього – в бункер. Полова повітряним потоком виноситься за межі комбайну, а солома с клавійш може направлятися або в копнувач (у вітчизняних та російських комбайнів) або на подрібнювач з наступним збором в причеп типу 2ПТС-40 або розкидається по полю.

У зернозбиральних комбайнів фірми John Deere зернова маса з молотильного пристрою зсипається в 7 шнеків, з яких викидається на решітний стан для наступної очистки.

У зернозбиральних комбайнів з роторним молотильним пристроєм відділене від колоса зерно через сепарацію в циліндрі попадає на решітний стан, а солома виводиться або на подрібнювач або в валок на досушування.

5. Розрахунок продуктивності та витрати палива зернозбиральних комбайнів

Змінна продуктивність зернозбирального комбайну також визначається за класичною формулою:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_{рпз} \cdot T_{зм} \cdot \tau, \quad (1)$$

де B_p – робоча ширина захвата жатки, м;

$V_{pнз}$ – робоча швидкість агрегату за пропускною здатністю молотильно-сепаруючого пристрою комбайну, кг/год;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, год.

τ – коефіцієнт використання часу зміни.

Робоча ширина захвату:

$$B_p = B_k \cdot \xi_\theta, \quad (2)$$

де B_k – конструктивна ширина захвату жатки, м

ξ_θ – коефіцієнт використання конструктивної ширини захвату, $\xi_\theta = 0,96$.

Максимально допустима робоча швидкість за пропускною здатністю молотильно-сепаруючого механізму:

$$V_{pнз} = \frac{36 \cdot q_\theta}{B_p \cdot U}, \quad (3)$$

де q_θ – допустима пропускна здатність молотарки комбайна, кг/с;

U – біологічна урожайність культури, т/га.

Біологічна урожайність культури визначається:

$$U = U_3 \cdot (1 + \delta_c) \quad (4)$$

U_3 – урожайність зерна, т/га;

δ_c – коефіцієнт соломистості культури.

Тяговий опір комбайна на перекочування:

$$R_{пер} = G_k \cdot f, \quad (5)$$

де : G_k – сила тяжіння комбайна, кН;

f – коефіцієнт опору кочення.

Тяговий опір руху агрегату на підйом :

$$R_i = G_k \cdot i / 100, \quad (6)$$

де : i – похил поля, %.

Опір при рушанні з місця:

$$R_{руш} = m_k \cdot \frac{V_{p.н.з}}{t_p}, \quad (7)$$

де: $V_{p.n.3}$ – робоча швидкість руху МТА, м/с;

t_p – час розгону МТА, с; $t_p = 2 \dots 3$ с;

m_k – маса комбайна з зерном, т.

Повний опір руху комбайна складе:

$$R_m = R_{nep} + R_i + R_{пуш} \quad (8)$$

Визначають необхідну ефективну потужність двигуна N_e для роботи комбайна зі швидкістю $V_{p.n.3}$ за формулою:

$$N_e = \frac{R_m \cdot V_{pn3}}{3,6 \eta_m \cdot \eta_\delta \cdot \eta_{pn}} + \frac{N_{nm} \cdot q_\delta + N_{ввн_{xx}} + N_{ввн_{дон}}}{\eta_{ввн}}, \quad (9)$$

де R_m – опір переміщення комбайна, кН;

η_m – ККД трансмісії, $\eta_m = 0,85$;

η_δ – коефіцієнт, який враховує втрати потужності на буксування,

$\eta_\delta = 0,97$;

η_{pn} – коефіцієнт, який враховує втрати потужності в клиноремісній передачі, $\eta_{pn} = 0,95$;

N_{nm} – питомі затрати потужності на технологічний процес (таблиця 13.3), кВт/(кг/с);

$N_{ввн_{xx}}$ – затрати потужності на холостий хід механізмів машин (таблиця 13.3), кВт,

$N_{ввн_{дон}}$ – затрати потужності на привід допоміжних агрегатів, кВт, $N_{ввн_{дон}} = 3$ кВт;

$\eta_{ввн}$ – ККД передач, $\eta_{ввн} = 0,95$.

Одним із ефективних показників якості організації руху комбайна по полю є коефіцієнт робочих ходів, який визначаємо за формулою:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (10)$$

де L_p – робоча довжина поля, м;

L_x – середня довжина холостого ходу, м.

При русі човником з розширенням прокосів робоча довжина гону:

$$L_p = L - 2E, \quad (11)$$

де E – мінімальна ширина поворотної смуги, м:

$$E = 3 \cdot R + e, \quad (12)$$

де R – радіус повороту, м;

e – довжина виїзду агрегату, м. $e = -L_M$ – кінематична довжина агрегату (таблиця 13.3).

Середня довжина холостого ходу становитиме:

$$L_x = 6R + 2E \quad (13)$$

Оптимальну ширину заїмки знайдемо за формулою:

$$C_{opt} = \sqrt{16R^2 + 2 \cdot B_p \cdot L_p}, \quad (14)$$

Робочий час за зміну знайдемо за формулою:

$$T_p = \frac{T_{зм} - (T_{техн} + T_{нз} + T_{\phi} + T_{пер})}{1 + \tau_{нов}}, \quad (15)$$

де $T_{техн}$ – час на технічне обслуговування, дорівнює 0,56...0,77 год;

$T_{нз}$ – час на виконання ЦТО та отримання наряду, дорівнює $T_{нз} = 0,56$ год;

T_{ϕ} – час на зупинки за фізіологічними причинами, знаходиться в межах $(0,03 \dots 0,05) \cdot T_{зм}$;

$T_{пер}$ – час на переїзди з ділянки на ділянку, год, $T_{пер} = 0 \dots 0,5$ год.

$\tau_{нов}$ – коефіцієнт поворотів.

Коефіцієнт поворотів визначається за формулою:

$$\tau_{нов} = \frac{1-\varphi}{\varphi} \quad (16)$$

Робочий шлях комбайну між двома розвантаженнями:

$$l_3 = \frac{10000 \cdot V_{\delta} \cdot g}{U_3 \cdot B_p}, \quad (17)$$

де: V_{δ} – об'єм бункера комбайну, м³;

g – щільність зерна, т/м³ (таблиця).

Таблиця 2

Середня щільність зерна

Зерно	Щільність, т/м ³	Зерно	Щільність, т/м ³
Пшениця озима	0,78	ячмінь	0,6
овес	0,45	просо	0,85
горох	0,83	гречка	0,63

Питома витрата палива визначаємо за формулою:

$$g_{ca} = \frac{G_p \cdot T_p + G_{нов} \cdot T_{нов} + G_{пер} \cdot T_{пер} + G_{зуп} \cdot T_{зуп}}{W_{зм}}, \quad (18)$$

де: G_p , $G_{нов}$, $G_{пер}$, $G_{зуп}$ – відповідно витрата палива на основній роботі, при здійсненні поворотів, на переїздах, на зупинках з працюючим двигуном, кг/год.

$$T_{нов} = T_p \cdot \tau_{нов}, \text{сод} \quad (19)$$

6. Основні регулювання зернозбирального комбайна

1. При прямому комбайнуванні в жатці комбайна:

- встановлюють висоту зрізу переміщенням опори башмаків у вертикальній площині;

- у ріжучого апарату регулюють співпадіння осей пальців та сегментів, розміщення пальців в одній площині, зазори між сегментами та протиріжучими пластинами;

- у мотовила регулюють співвідношення кутової швидкості механізму та поступальної швидкості комбайну в співвідношенні 1,4...1,6 : 1, встановлюють необхідну висоту валу мотовила відносно ріжучого апарату.

2. При підборі валків частота вала підбирача повинна відповідати поступальній швидкості комбайну: швидкість комбайну 3-8 км/год, частота вала підбирача 110...160 за хвилину.

3. Налаштування молотильного барабану:

- встановити необхідні зазори в підбарабанні на вході та на виході у відповідності до рекомендацій;

- встановити частоту обертання валу барабану.

7. Контроль якості збирання

Неперервний контроль здійснюється постійним оглядом пологи хлібостою, що відділяється мотовилом та зрізується ріжучим апаратом.

Якщо зрізані рослини потрапляють на хлібостій – підняти мотовило, якщо падають на стерню – опустити мотовило.

Проводять постійне спостереження за роботою шнека, підбирача, якості обмолоту.

Якщо в бункері зерно дроблене – зменшують обороти вала барабана та збільшують зазор в підбарабанні;

Якщо має місце невимолочені колоски – зменшують зазор в підбарабанні.

Якщо втрати зерна за молотильним пристроєм перевищує допустимі норми, необхідно:

- збільшити зазор в жалюзях решіт;

- зменшити напір повітря, що направляється на решета.

Якщо молотильно-сепаруючий пристрій забивається, необхідно зменшити подачу маси зменшенням поступальної швидкості комбайну.

8. Охорона праці

До роботи на комбайнах допускаються особи, що знають устрій машини, правила їх експлуатації, маючи допуск до роботи, що пройшли інструктаж з охорони праці.

Рух агрегату можна починати після того, як комбайнер впевниться у відсутності сторонніх осіб на комбайні, навколо комбайну. Під час руху комбайну недопустимо находитися осіб перед машиною.

Робота зв'язана з технічним обслуговуванням комбайну, очищення машини, ремонтом, заміною деталей, регулювання механізмів дозволяється проводити при зупиненому двигуні.

При роботі комбайну оператор повинен знаходитися в захисних окулярах. Забороняється залишати комбайн під час його руху.

9. Правила протипожежної безпеки

На полі, де працює збиральний агрегат чи агрегати повинен знаходитися трактор з плугом в постійній готовності.

Забороняється під час находитися на комбайні, на полі, що збирається, користуватися вогнем, палити. Комбайн повинен бути обладнаний ящиком з піском, вогнегасником, лопатою, мітлою.

Запобігти займанню комбайна чи хлібостою допоможуть такі найпростіші правила.

1. Перед початком роботи:

- Провести огляд комбайна на наявність витоків пального, оливи, перегріву механізмів.
- Переконавшись у справності електропроводки, паливної системи, гальм.
- Забезпечити наявність вогнегасників (не менше двох: один у кабіні, другий зовні).
- Очистити комбайн від пилу, соломи, мастила.

2. Під час роботи:

- Не допускати перегріву двигуна, підшипників, гідросистем.

- Регулярно очищати жатку, молотильний апарат, охолоджувальну систему.
- Не заправляти комбайн під час роботи двигуна.
- Не курити та не користуватися відкритим вогнем біля комбайна.
- Тримати відстань між комбайнами не менше 50 м під час збирання врожаю.

3. Після завершення роботи:

- Очистити комбайн від пилу та залишків зерна.
- Перевірити стан електропроводки, зливних систем.
- Запаркувати комбайн у спеціально відведеному місці, подалі від сухої рослинності.

Приклад розрахунку продуктивності та витрати палива

Агрегат: комбайн КЗС-9-1 «Славутич»

Ширина захвату жатки – 8,0 м

Пропускна здатність – 9...11 кг/с.

Соломистість маси – 1:1,5

Коефіцієнт опору кочення – 0,09

Маса комбайна – 13300 кг

Потужність двигуна – 235 к.с.

Тип молотарки – барабан з бичами

Культура – пшениця озима

Площа поля – 100 га

Довжина гону – 900 м

Врожайність зерна – 5,5 т/га

Об'єм бункера – 6,7 м³

Похил поля – 1 %.

Розрахунок

Визначаємо максимально-допустиму робочу швидкість комбайну за пропускну здатністю:

$$V_{\text{прз}} = \frac{36 \cdot 11}{8 \cdot 0,96 \cdot 5,5 \cdot (1 + 1,5)} = 3,75 \text{ км / год}$$

За формулою (5) визначаємо тяговий опір комбайна на його перекочування:

$$R_{пер} = 13,3 \times 9,81 \times 0,09 = 11,74 \text{ кН}$$

За формулою (6) визначаємо тяговий опір руху агрегату на підйом:

$$R_i = 13,3 \cdot 9,81 \cdot 1 / 100 = 1,3 \text{ кН}$$

За формулою (7) визначаємо опір при рушанні з місця:

$$R_{руш} = 13,3 \cdot \frac{1,04}{2} = 6,92 \text{ кН}$$

За формулою (8) визначаємо повний опір руху комбайна:

$$R_{\text{м}} + R_{пер} + R_i + R_{руш} = 11,7 + 1,3 + 9,92 = 19,92 \text{ кН}$$

Визначаємо необхідну ефективну потужність двигуна N_e (формула 9) за формулою:

$$N_e = \frac{R_{\text{м}} \cdot V_{\text{пнз}}}{3,6 \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\delta} \cdot \eta_{\text{пн}}} + \frac{N_{\text{нт}} \cdot q_{\text{д}} + N_{\text{ввн}_{\text{хх}}} + N_{\text{ввн}_{\text{дон}}}}{\eta_{\text{ввн}}} =$$

$$= \frac{19,92 \cdot 3,75}{3,6 \cdot 0,85 \cdot 0,95 \cdot 0,97} + \frac{10,2 \cdot 11 + 18,4 + 3}{0,95} = 166,9 \text{ к.с.}$$

Ступінь завантаження двигуна:

$$N_e = \frac{N_e}{N_{\text{ен}}} = \frac{166,9}{235} = 0,71$$

За формулами (11) та (12) маємо:

$$E = 3 \cdot R + e = 3 \cdot 7,5 + 3,6 = 26,1 \text{ м}$$

$$R = 7,5 \text{ м; } e = 3,6 \text{ м}$$

$$L_p = L - 2E = 900 - 2 \cdot 26,1 = 848,8 \text{ м}$$

За формулою (13) середня довжина холостого ходу:

$$L_x = 6R + 2E = 6 \cdot 7,5 + 2 \cdot 26,1 = 97,2 \text{ м}$$

Коефіцієнт робочих ходів (формула 10):

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x} = \frac{848,8}{848,8 + 97,2} = 0,9$$

Оптимальна ширину загінки (14):

$$C_{opt} = \sqrt{16R^2 + 2 \cdot B_p \cdot L_p} = \sqrt{16 \cdot 7,5^2 + 2 \cdot 8 \cdot 848,8} \approx 120 \text{ м}$$

Тривалість робочого часу:

$$T_p = \frac{T_{зм} - (T_{техн} + T_{пз} + T_{ф} + T_{пер})}{1 + \tau_{нов}} =$$

$$= \frac{7 - (0,6 + 0,56 + 0,28 + 0,05)}{1 + 0,01} = 5,46 \text{ год}$$

Коефіцієнт поворотів:

$$\tau_{нов} = \frac{1 - \varphi}{\varphi} = \frac{1 - 0,9}{0,9} = 0,01$$

Коефіцієнт використання робочого часу зміни:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}} = \frac{5,46}{7} = 0,78$$

За формулою (1) продуктивність комбайну становить:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_{пз} \cdot T_{зм} \cdot \tau = 0,1 \cdot 8 \cdot 0,96 \cdot 3,75 \cdot 7 \cdot 0,78 = 15,72 \text{ га}$$

Робочий шлях комбайну між двома розвантаженими (формула 17):

$$l_z = \frac{10000 \cdot V_6 \cdot g}{U_z \cdot B_p} = \frac{10000 \cdot 6,7 \cdot 0,78}{5,5 \cdot 8 \cdot 0,96} = 1237,2 \text{ м}$$

За формулою (18) визначаємо питому витрату палива:

$$g_{га} = \frac{30 \cdot 5,46 + 17 \cdot 0,055 + 16 \cdot 0,28 + 3,5 \cdot 0,09}{15,72} = 10,81 \text{ кг / га},$$

З таблиці 13.4: $G_p = 30$ кг/год; $G_{нов} = 17$ кг/год; $G_{пер} = 16$ кг/год; $G_{зуп} = 3,5$ кг/год.

$$T_{нов} = 0,01 \cdot 5,46 = 0,055 \text{ год}$$

Розрахунок необхідної кількості транспортних засобів для перевезення врожаю пшениці озимої.

Вихідні дані:

Ємність бункера комбайна – $6,7 \text{ м}^3$

Щільність пшениці озимої – $0,78 \text{ т/м}^3$

Транспортний засіб – FOTON FKB-1069 КОБАЛЬТ (5,5 т)

Визначаємо потребу в комбайнах для збирання пшениці озимої:

$$n = \frac{Q}{W_{\text{доб}} \cdot D_p} = \frac{100}{30,4 \cdot 7} \approx 0,5$$

де n – кількість агрегатів, од.;

Q – обсяг робіт, га;

$W_{\text{доб}}$ – добовий виробіток агрегату, га/доб;

D_p – тривалість роботи, 7 днів.

Приймаємо у ланці 1 комбайн.

Визначаємо кількість зерна, яке необхідно перевезти на тік за добу:

$$M = W_{\text{доб}} \cdot q \cdot n = 30,4 \cdot 5,5 \cdot 1 = 167,2 \text{ т}$$

де $q = 5,5$ т/га – врожайність пшениці озимої.

Кількість зерна, що перевозить один автомобіль, вантажопідйомністю 5,5 т за добу:

$$M_1 = Q_z \cdot n_p,$$

де: n_p – кількість рейсів

$$n_p = \frac{T_{\text{доб}}}{t_{\text{ц}}},$$

де: $t_{\text{ц}}$ – тривалість циклу (рейсу) автомобіля.

Тривалість рейсу визначаємо за формулою:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{рух}} + t_{\text{зав}} + t_{\text{зв}} + t_{\text{роз}},$$

де $t_{\text{рух}}$ – час руху з вантажем і без вантажу, хв.;

$t_{\text{зав}}$ – час завантаження автомобіля зерном, хв. За рекомендаціями $t_{\text{зав}} = 3$ хв.

$t_{\text{зв}}$ – час зважування, хв. За рекомендаціями $t_{\text{зв}} = 4,5$ хв.

$t_{\text{роз}}$ – час розвантажування автомобіля на току, хв. За рекомендаціями $t_{\text{роз}} = 3,6$ хв.

Час руху визначаємо наступним чином:

$$t_{\text{рух}} = \frac{62,5 \cdot l_z}{v_z \cdot \alpha_n},$$

де l_z – довжина їздки (відстань перевезення), км.;

За розташуванням току приймаємо $l_z = 5$ км.

v_z – середня робоча швидкість, км/год. Для ґрунтових природних доріг $v_r = 25$ км/год.

α_r – коефіцієнт використання пробігу, $\alpha_r = 0,5$.

Отже маємо:

$$t_{px} = \frac{62,5 \cdot 5}{30 \cdot 0,5} = 20,8 \text{ хв}$$

З врахуванням цього тривалість циклу становить:

$$t_y = 20,8 + 3,5 + 3,6 + 3,6 = 31,5 \text{ хв}$$

Кількість рейсів автомобіля за добу становитиме:

$$n_p = \frac{7 \cdot 2 \cdot 60}{31,5} \approx 27 \text{ рейсів}$$

$$M_1 = Q_z \cdot n_p = 27 \cdot 5,5 = 148,8 \text{ т}$$

Кількість автомобілів, що необхідні для перевезення врожаю:

$$n_p = \frac{M}{M_1} = \frac{167,2}{148,8} = 1,1$$

Приймаємо 2 автомобіля.

Варіанти завдань для виконання роботи

Показник	Ширина захвату Вр, м	Пропускна здатність q, кг/с	Культура	Урожайність, Q, т/га	Соломис-тість δ	Площа поля, га	Довжина поля, м	Коефіцієнт кочен- ня	Ухил поля, %	Вага комбайна, кН	Потужність двигу- на Ne, л.с.
Марка комбайна											
КЗС-9 "Сла- вувич"	8	11	пшениця озима	5,5	1,5	30	450	0,09	1	13300	235
JD 670i	8	12	пшениця озима	6	1,65	25	560	0,1	0,5	11800	330
Claas Lexion 570	8	11	просо	2,5	1,1	125	915	0,09	1,5	13300	235
Case IH 8120	13.7	8,3	пшениця озима	4,5	1,6	160	1250	0,1	2,2	13480	250
Дніпро-350	7	10,4	пшениця озима	4,8	1,72	185	1340	0,13	2,7	10490	250

Додаток Б1

План механізованих робіт при вирощуванні соняшнику за Strip-till технологією
(попередник – зернові, тип ґрунту – II, група господарств – II, планова врожайність – 2,7 т/га)

№ з/п	Операції	Агротехнічні вимоги	Одиниці виміру	Обсяг роботи	Строки виконання		Трив. роботи за добу	Склад агрегату			К-сть с.-г.м.
					календарні	тривалість днів		трактор	зчіпка	с.-г. машина	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Навантаження добрив	0,1 т/га	т	41	10-25.09	5	14	Manitou MLT 735-120			1
2	Перевезення добрив	5км	т	41	10-25.09	5	14	Кама3-55102			1
3	Обробіток ґрунту з внесенням добрив	28-30 см	га	410	10-25.09	5	14	Case Magnum 335		Horsch Focus 11CS	1
4	Протруювання насіння	5 кг/га	т	2,05	10-25.02	3	14			ПСК-7а	1
5	Навантаження насіння	5 кг/га	т	2,05	10-25.04	5	21			НЗ-60	1
6	Навантаження добрив	0,1 т/га	т	41	10-25.04	5	21	Manitou MLT 735-120			1
7	Перевезення насіння та добрив	5км	т	43,05	10-25.04	5	21	Кама3-55102			1
8	Сівба	6-8 см	га	410	10-25.04	5	21	Case Quadtrac 535		Horsch Focus 7 MT	1
9	Перевезення води і гербіциду	0,102 т/га	т	41,8	03-12.05	5	12	Кама3-5511		Бочка	1
10	Внесення гербіциду	0,102 т/га	га	410	03-12.05	5	12	Case Patriot 3330			1
11	Перевезення води і фунгіциду	0,102 т/га	т	41,82	01-15.06	5	12	Кама3-5511		Бочка	1
12	Внесення фунгіциду	0,102 т/га	га	410	01-15.06	5	12	Case Patriot 3330			1
13	Перевезення води і десиканту	0,102 т/га	т	41,82	05-15.09	5	12	Кама3-5511		Бочка	1
14	Десикація	0,102 т/га	га	410	05-15.09	5	12	Case Patriot 3330			1
15	Збирання соняшнику	2,7 т/га	га	410	09-20.09	10	14	Case 8240		MacDon FD-75	1
16	Збір зерна від комбайнів	2,7 т/га	т	1107	09-20.09	10	14	Case Magnum 335		Horsch Titan 34 UW	1
17	Перевезення зерна на тік	5 км	т	1107	09-20.09	10	14	Кама3-55102		ГКБ-8532	1
Всього											

Продовження додатку Б 1

План механізованих робіт при вирощуванні соняшнику за Strip-till технологією

№ з/п	Операції	Виробіток			Потрібно для виконання роботи			Витрати палива, кг		Затрати праці, люд-год/га		Кількість нормо-змін
		за год	за зміну	за добу	агрегатів	трактористів	допоміжних працівників	За нормою	На весь обсяг роботи	На одиницю роботи	На весь обсяг	
1	2	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	Навантаження добрив	57,14	400,0	800,0	1	2		0,16	6,56	0,02	0,7	0,10
2	Перевезення добрив	7,7857	54,5	109,0	1	2		0,74	30,34	0,13	5,3	0,75
3	Обробіток ґрунту з внесенням добрив	6,87	48,1	96,2	1	2		9,2	3772	0,15	59,7	8,52
4	Протруювання насіння	5,77	40,4	80,8	1	2			0	0,17	0,4	0,05
5	Навантаження насіння	45,00	315,0	945,0	1	3			0	0,02	0,0	0,01
6	Навантаження добрив	57,14	400,0	1200,0	1	3		0,16	6,56	0,02	0,7	0,10
7	Перевезення насіння та добрив	7,7857	54,5	163,5	1	3		0,74	31,857	0,13	5,5	0,79
8	Сівба	4,90	34,3	102,9	1	3	3	6,1	2501	0,41	167,3	11,95
9	Перевезення води і гербіциду	9,1714	64,2	110,1	1	2		0,74	30,9468	0,11	4,6	0,65
10	Внесення гербіциду	39,20	235,2	470,4	1	2		0,85	348,5	0,03	10,5	1,49
11	Перевезення води і фунгіциду	3,75	22,5	45,0	1	2		0,74	30,9468	0,27	11,2	1,59
12	Внесення фунгіциду	39,20	235,2	470,4	1	2		0,85	348,5	0,03	10,5	1,49
13	Перевезення води і десиканту	10,70	64,2	128,4	1	2		0,74	30,9468	0,09	3,9	0,56
14	Десикація	39,20	235,2	470,4	1	2		0,85	348,5	0,03	10,5	1,49
15	Збирання соняшнику	6,01	42,1	84,2	1	2		9,8	4018	0,17	68,2	9,74
16	Збір зерна від комбайнів	38,29	268,0	536,0	1	2		0,15	166,1	0,03	28,9	4,13
17	Перевезення зерна на тік	12,40	86,8	173,6	1	2		0,64	708,5	0,08	89,3	12,75
	Всього							32,5	12379,2	1,86	477,0	56,2

Додаток Б 2

План механізованих робіт при вирощуванні пшениці озимої за No-till технологією із застосуванням технологічних колій (ширина захвату кожного МТА кратна 12 м)
(попередник – зернові, тип ґрунту – II, група господарств – I, планова врожайність – 4,4 т/га)

1	Операції	Агротехнічні вимоги	Одиниці виміру	Обсяг роботи	Строки виконання		Трив. роботи за добу	Склад агрегату			К-сть с.-г.м.	Виробіток		
					календарні	тривалість днів		трактор	зіплка	с.-г. машина		за год	за зміну	за добу
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Протруювання насіння	0,18 т/га	т	100,8	05-15.09	5	14	елект. двиг		ПК-20-02	1	14,8	103,6	207,2
2	Навантаження насіння	0,18 т/га	т	100,8	05-15.09	5	14	елект. двиг		ПК-20-02	1	14,8	103,6	207,2
3	Навантаження мінеральних добрив	0,09 т/га	т	50,4	05-15.09	5	14	ЮМЗ-8070		ПФ-0,75	1	20	140,0	280,0
4	Перевезення добрив	5км	т	50,4	05-15.09	5	14	КамАЗ 45144			1	5,25	36,8	73,5
5	Перевезення насіння та завантаження сіялки	5км	т	100,8	05-15.09	5	14	Case Puma 225		Kinze 840 TT	1	7,79	54,5	109,0
6	Сівба з внесенням добрив	4-6см	га	560	05-15.09	5	14	Case Magnum 315		Pronto 12 NT	1	12,7	88,9	177,8
7	Завантаження мінеральних добрив	0,15 т/га	т	84	03-15.03	6	14	ЮМЗ-8070		ПФ-0,75	1	20	140,0	280,0
8	Внесення мінеральних добрив	0,15 т/га	га	560	03-15.03	6	14	МТЗ-82.1		Amazone ZA-M12	1	9,17	64,2	128,4
9	Перевезення гербіциду Аксіал 050 ЕС	0,81 л/га	т	0,45	10-20.04	5	12	ЮМЗ-8070		2ПТС-4	1	10,70	64,2	128,4
10	Перевезення води	0,11 т/га	т	61,6	10-20.04	5	12	МТЗ-82.1		Бочка-5м3	1	3,75	22,5	45,0
11	Внесення робочого розчину	0,11 т/га	га	560	10-20.04	5	12	Case Patriot 4430			1	45,33	272,0	544,0
12	Перевезення води та інсектициду Карате Зеон	0,110 т/га	т	61,72	05-15.05	5	12	МТЗ-82.1		Бочка-5м3	1	3,75	22,5	45,0
13	Внесення робочого розчину	0,110 т/га	га	560	05-15.05	5	12	Case Patriot 4430			1	45,33	272,0	544,0
14	Пряме комбайнування	4,4 т/га	га	560	10-25.07	10	14	Case 8250		CASE 3050 Varic	1	5,73	40,1	80,2
15	Збір зерна від комбайнів	4,4 т/га	т	2464	10-25.07	10	14	Case Puma 225		Kinze 840 TT	1	35,00	245,0	490,0
16	Перевезення зерна на тік	5 км	т	2464	10-25.07	10	14	КамАЗ-45144		ГКБ-8532	1	16,8	117,6	235,2
Всього														

Продовження додатку Б2

	Операції	Потрібно для виконання роботи			Витрати палива, кг		Затрати праці, люд-год/га		Кількість нормо-змін
		агрегатів	трактористів	допоміжних працівників	За нормою	На весь обсяг роботи	На одиницю роботи	На весь обсяг	
1	2	16	17	18	19	20	21	22	23
1	Протруювання насіння	1	2				0,07	6,8	0,97
2	Навантаження насіння	1	2				0,07	6,8	0,97
3	Навантаження мінеральних добрив	1	2		0,33	16,6	0,05	2,5	0,36
4	Перевезення добрив	1	2		0,7	35,3	0,19	9,6	1,37
5	Перевезення насіння та завантаження сівалки	1	2		0,5	50,4	0,13	12,9	1,85
6	Сівба з внесенням добрив	1	2		3,0	1680,0	0,08	44,1	6,30
7	Завантаження мінеральних добрив	1	2		0,18	15,1	0,05	4,2	0,60
8	Внесення мінеральних добрив	1	2		1,7	952,0	0,11	61,1	8,72
9	Перевезення гербіциду Аксіал 050 ЕС	1	2		2,5	1,1	0,09	0,0	0,01
10	Перевезення води	1	2		1,28	78,8	0,27	16,4	2,35
11	Внесення робочого розчину	1	2		0,75	420,0	0,02	12,4	1,76
12	Перевезення води та інсектициду Карате Зеон	1	2		1,28	79,0	0,27	16,5	2,35
13	Внесення робочого розчину	1	2		0,75	420,0	0,02	12,4	1,76
14	Пряме комбайнування	1	2		9,1	5096,0	0,17	97,8	13,97
15	Збір зерна від комбайнів	1	2		0,15	369,6			
16	Перевезення зерна на тік	2	4		0,64	1577,0	0,06	146,7	20,95
	Всього				22,9	10791	1,65	450	64,3

Навчальне видання
(українською мовою)

Кобець Анатолій Степанович
Деркач Олексій Дмитрович
Макаренко Дмитро Олександрович

Машиновикористання в рослинництві (енергетичний аналіз)

навчальний посібник

Друкується в авторській редакції

Відповідальний за випуск Олексій Деркач
Комп'ютерна верстка Олексій Деркач