

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗОЛОЧІВСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

“Застосування енергетичного аналізу при виконанні технологічних процесів в аграрному виробництві”

Методичні рекомендації щодо виконання енергоефективної частини дипломного проєкту зі спеціальності 208 “Агроінженерія”

Укладач: Петринець Василь Юліянович – спеціаліст вищої категорії, методист, Золочівський фаховий коледж Львівського НУП;
Хом'як Галина Миколаївна – спеціаліст вищої категорії, методист, Золочівський фаховий коледж Львівського НУП.
Рецензент: Янківський Іван Павлович – спеціаліст вищої категорії, методист, Золочівський фаховий коледж Львівського НУП.

В роботі подано методичку проведення енергетичного аналізу технологій вирощування сільськогосподарських культур, а також оцінки ресурсо- і енергозберігаючих технологій. Може бути використано керівниками та спеціалістами аграрних господарств, викладачами і студентами спеціальності 208 “Агроінженерія” при виконанні дипломних проєктів.

Рекомендовано цикловою комісією загально-спеціальних дисциплін спеціальності 208 “Агроінженерія”

Протокол № 10 від 20 травня 2026 р.

Голова циклової комісії

Євген Герасимів

ЗМІСТ

Вступ.....	4
РОЗДІЛ 1. НЕПООНОВЛЮВАЛЬНА І ПОНОВЛЮВАЛЬНА ЕНЕРГІЯ ТА ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА.....	6
РОЗДІЛ 2. ВИКОРИСТАННЯ ТА ЕКОНОМІЯ НЕПООНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	9
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ МАТЕРІАЛІЗОВАНОЇ ЕНЕРГІЇ НА МЕЛІОРАЦІЮ СЕРЕДОВИЩА.....	11
РОЗДІЛ 4. ІНТЕНСИВНІ РЕСУРСО- І ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ.....	13
РОЗДІЛ 5. РОБОЧА ЕНЕРГІЯ.....	18
РОЗДІЛ 6. ВИКОРИСТАННЯ ПОНОВЛЮВАНОЇ (ПРИРОДНОЇ) ЕНЕРГІЇ.....	20
РОЗДІЛ 7. ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ІНТЕНСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	23
РОЗДІЛ 8. СТРУКТУРА ЕНЕРГОВИТРАТ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ.....	29
РОЗДІЛ 9. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ЧАСТИНА ДЛЯ РОЗРОБКИ КУРСОВИХ ТА ДИПЛОМНИХ ПРОЕКТІВ З ДИСЦИПЛІНИ “ЕКСПЛУАТАЦІЯ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ ” СПЕЦІАЛЬНОСТІ “ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА”.....	32
9.1 Вибір метода і критерія оцінки паливно-енергетичних показників на виконання механізованих процесів.....	32
9.2 Обґрунтування паливно-енергетичних показників на виконання механізованих процесів.....	33
9.3 Приклади застосування вище поданої методики енергоефективних розрахунків	35
9.3.1 Визначення повних енергозатрат на лушення стерні.....	35

9.3.2	Визначення повних енергозатрат на оранку.....	38
9.3.3	Визначення повних енергозатрат на передпосівний обробіток ґрунту..	39
	Додатки.....	41
	Додаток А Енергетичні еквіваленти.....	41
	Додаток Б. Енергетичні еквіваленти на оборотні засоби виробництва.....	43
	Список використаних джерел.....	44

ВСТУП

Інтенсивні технології в землеробстві й рослинництві прийшли на зміну традиційним. Набувають поширення біотехнології, безвідходні та ресурсо- і енергозберігаючі технології. Завдяки науково-технічному прогресу різко скоротилися строки виконання сільськогосподарських робіт.

В сільському господарстві з кожним роком використовується все більше сировини та енергії, зростають його матеріальні й енергетичні ресурси. Та це й зрозуміло, бо створення кожного додаткового центнера врожаю забезпечується за рахунок зростаючих вкладень енергії, носієм якої є не тільки органічні й мінеральні добрива, а й усі фактори родючості, які активно впливають на ріст і розвиток рослин. Не випадково, що за нинішнього рівня виробництва для підвищення врожайності, наприклад, зернових значно збільшуються енерговитрати на техніку, добрива, пестициди, меліорацію, набагато перевищуючи нормативи. А тому раціональне використання енергії земної (непоновлюваної) та сонячної (поновлюваної) розглядається як найважливіша умова для збільшення виробництва продуктів харчування. Частка енерговитрат на виробництво продовольчої продукції в загальному енергобалансі багатьох країн досягає 10 %.

У зв'язку з цим виникла необхідність приступити до вивчення і запровадження в агропромисловому комплексі енергетичного аналізу, який застосовують уже в сільському господарстві США, Угорщини та інших країн. Починають вивчати можливості його застосування і в нашій країні. Такий аналіз проводиться для визначення ступеня використання добрив, пестицидів, поливної води, палива, різних типів тракторів, автомобілів, причіпного знаряддя, природних ресурсів, ґрунтово-кліматичних умов, сонячної радіації та інших факторів, які впливають на родючість ґрунту та формування врожаю.

При енергетичному аналізі розрахунки провадять у єдиних міжнародних одиницях — кілокалоріях або джоулях. Введення енергетичного еквіваленту при аналізі різних галузей сільськогосподарського виробництва дозволяє правильно оцінити їх і забезпечити велику економію ресурсів і енергії.

Енергетичний аналіз інтенсивних технологій є одним з факторів прискорення науково-технічного прогресу. Мета даної роботи — показати необхідність проведення енергетичного аналізу в сільському господарстві для розроблення і оцінки ресурсо- і енергозберігаючих технологій в усіх галузях агропромислового комплексу. Основне завдання енергетичного аналізу — це пошук і планування методів аграрного виробництва, які забезпечують раціональніше застосування непоновлюваної (викопної) і поновлюваної (природної) енергії, охорону навколишнього середовища. Іншими словами, енергетичний аналіз проводиться для оцінки ефективності використання не тільки добрив, пестицидів, поливної води, але й природних ресурсів — ґрунту, клімату, сонячної радіації, тобто основних факторів родючості. Як показують дослідження, позитивна дія інтенсивних ресурсо- і енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур повністю залежить від своєчасного і точного дотримання всіх елементів технологічних процесів. Мова, практично, йде про те, щоб учені разом із фахівцями господарств у найближчий час розробили та запровадили у виробництво прогресивні ресурсо- і енергозберігаючі технології вирощування сільськогосподарських культур, щоб ці технології носили суворо економний характер, за яких ґрунт обов'язково збагачувався б гумусом, зменшувались би витрати енергії на одиницю маси виробленої продукції. До цього слід додати, що ресурсо- і енергозберігаючі технології позитивно проявлятимуть себе лише тоді, коли у виробничих умовах будуть дотримуватись найекономнішого курсу на витрачання всіх видів енергії.

РОЗДІЛ 1

НЕПОНОВЛЮВАЛЬНА І ПОНОВЛЮВАЛЬНА ЕНЕРГІЯ ТА ІНТЕНСИФІКАЦІЯ

У природі існують два види енергії, які в аграрному виробництві витрачаються на формування врожаю: непоновлювальна (викопна) і поновлювана (невикопна), або природна. Вони фактично доповнюють одна одну, коли беруть участь у нормальному протіканні технологічних процесів у землеробстві та рослинництві.

Головними видами енергетичних ресурсів у промисловості, сільському господарстві, транспорті та інших галузях народного господарства є вугілля, нафта, природний газ, торф, енергія річок, матеріали, що розщеплюються, енергія вітру, сонця, припливів і відпливів, внутрішнє тепло землі. Ресурси основних джерел енергії на нашій планеті: кам'яне вугілля, нафта, газ є цінною промисловою сировиною, тому доцільно більше використовувати енергію річок, вітру, матеріалів, що розщеплюються.

З поновлюваних джерел енергії у великих масштабах використовують енергію річок. Але річки розташовані на великих відстанях одна від одної, а в деяких регіонах їх зовсім немає. Енергетичні ресурси вітру на земній кулі майже в 2000 разів більші від енергетичних ресурсів річок.

Світове споживання енергії за рік наближається до 9 мільярдів тон умовного палива. Кожна така його одиниця при згорянні дає 7000 кілокалорій енергії. При цьому 90 процентів її припадає на не відновлюване органічне паливо — вугілля, нафта, газ. На відновлювані енергетичні ресурси — сонячна радіація, гідроенергія, біомаса (дрова, відходи сільського господарства) та інші — припадає лише 10 відсотків енергії, а тому використовувати їх потрібно раціонально. Сільське господарство стає все більшим споживачем сировини та енергії. Викликано це тим, що на створення великого врожаю чимраз більше витрачається енергії. Однак суть справи не тільки в кількості споживання того чи іншого виду енергії, але й в якісному її використанні.

Ми стаємо свідками появи нових підходів до розробки таких технологій у землеробстві й рослинництві. Вони мають бути інтенсивними, ресурсо- і енергозберігаючими. Науково-технічна революція виявила недоцільність застосування сьогодні старих технологій та відкидає деякі традиційні поняття в аграрному виробництві, як, наприклад, посилювати меліорацію середовища за рахунок збільшення витрат не поновлюваної (викопної) енергії. Тепер необхідно перейти від еволюційних методів (розроблення окремих питань, незначне удосконалення діючих технологій, часткова модернізація машин, знаряддя, обмеження наукової діяльності видачею рекомендацій, які ефективно не впливають на виробництво) до розробки принципово нових технологій і технологічних систем, до техніки останніх поколінь, які дадуть найвищу ефективність. Все це треба робити для того, щоб переозброїти галузі землеробства і рослинництва на основі сучасних досягнень науки і техніки.

У крупному плані ресурсна частина економічного потенціалу сільського господарства — це насамперед зайняті в ньому люди, земля, енергія та інші засоби виробництва. Що стосується працюючих тут, то чисельність їх зменшується, а щодо землі — то нових земель для освоєння немає. Тому тепер мова йде, у першу чергу, про підвищення родючості ґрунту, збереження вирощеної продукції, інтенсифікацію виробництва, запровадження мало- і безвідхідних, ресурсо- і енергозберігаючих технологій.

Інтенсифікація землеробства і зберігання навколишнього середовища розглядаються як єдиний процес. Але існує думка, що зростання інтенсифікації сільського господарства нібито неминуче призводить до забруднення навколишнього середовища. Можливо, такі прояви є, але це там, де в підході до інтенсифікації виробництва панує суб'єктивізм, а в оцінках причин виникнення негативних явищ вибір падає на крайність. Між тим, наука доводить, що інтенсифікація землеробства і рослинництва та охорона навколишнього середовища мають бути тісно пов'язані між собою. Кінцевою метою інтенсифікації є стійке збільшення врожаю, поліпшення його якості. Застосовувати сучасні інтенсивні технології і повністю використовувати їх без забруднення навколишнього середовища можна двома шляхами: а) реалізація

адаптивного потенціалу виду, сорту, агробіоценозу, тобто їх біологічних властивостей пристосовуватись до умов навколишнього середовища. Щоб реалізувати адаптивний потенціал рослин, необхідно повністю використати їх біологічні можливості не тільки для підвищення потенціальної продуктивності у сприятливих умовах середовища, а й для посилення екологічної стійкості (протистояти суховіям, посухам, морозам, низьким температурам). За таких умов обов'язково буде зростати потенційна продуктивність сорту, агробіоценозу і вона розглядається як вирішальний фактор збільшення врожайності. При цьому затрати не поновлюваної (викопної) енергії на меліорацію середовища будуть мінімальні;

б) зміна (поліпшення) навколишнього середовища так, щоб воно відповідало потребам рослин. Зробити це можна тільки при затратах великої кількості неоновлюваної (викопної) енергії.

У даний час сорти зернових культур інтенсивного типу мають врожайність: озимої пшениці — 70 — 90ц/га, ярого ячменю — 40—60, гібриди кукурудзи різних груп стиглості — 70—100 ц/га. Але таких показників не всі господарства досягають і в масовому виробництві врожаї цих же культур у 2—3 рази менші. Причин цього багато, а саме: порушення технологічної дисципліни, малоефективне використання землі й виробничого потенціалу, а головне—потенційна врожайність рослин хоча і є основним фактором формування великого врожаю, реалізація її залежить від оптимізації умов зростання, яка досягається меліорацією середовища та здатністю самих рослин протистояти екологічним стресам.

РОЗДІЛ 2.

ВИКОРИСТАННЯ ТА ЕКОНОМІЯ НЕПООНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ

Слово меліорація все частіше входить в ужиток і воно організаційно виявилось пов'язаним з водним господарством.

Для багатьох слово меліорація однозначне, але в перекладі з латинського воно означає «поліпшення» середовища, тому ця дія аж ніяк не може зводитись до одного процесу— зрошення чи осушення земель. Слово «меліорація» — широко вживається в сільськогосподарській практиці і стосується цільового і направленою проведення в землеробстві робіт для створення в середовищі таких умов, за яких врожайність сільськогосподарських культур наближається до потенційної. Щоб досягти цього, на середовище впливають десятками різних заходів агротехнічного характеру.

Щоб одержати середню врожайність основних зернових, технічних культур і картоплі необхідно на гектар посіву щонайменше витратити близько 4,1—18,5 млн. ккал непоновлюваної енергії. Значна частина її йде на меліорацію середовища.

Таблиця 1

Витрати не поновлюваної енергії на гектар вирощування

Енергетичні ресурси	Озимі		Ячмінь ярий	
	Ккал*10 ⁶	%	Ккал*10 ⁶	%
1	2	3	4	5
Механізми	1,3	11,9	0,8	17,0
Паливо	2,4	22,0	0,9	19,1
Добрива	4,9	44,9	1,5	31,9
Пестициди	0,7	6,5	0,2	4,3
Насіння	0,1	0,9	0,1	2,1
Інші витрати	1,5	13,8	1,2	25,6
1	2	3	4	5

Разом	10,9	100	4,7	100+
Урожай: ккал ц/га	19,7 50		17,7 45,0	
Коефіцієнт енергетичної ефективності (K_{ee})	1,81		3,77	

Найбільша частка витраченої непоновлюваної енергії на меліорацію середовища припадає на засоби механізації, паливо, внесення добрив. У загальній структурі затрат енергії на меліорацію вони займають більше половини витрат і в першу чергу підпадають скороченню.

Непоновлювана енергія, що витрачається на меліорацію середовища, ділиться на дві: антропогенну і матеріалізовану.

Таблиця 2

Структура витрат не поновлювальної енергії на 1 га посіву озимої пшениці

Період робіт	Затрати							
	Па ли во, кг	Ел ек тр о- ен ер гія , кВ т/г од	Д о р и в а , к г	Пе ст и ц и, кг	Пра ця Люд -год	Енерг ія, ккал	%	
							До етапів робіт другого періоду	До заг ал ьн их ви тр ат
Основний осінній обробіток ґрунту і внесення добрив.	63,89	3,93	210		5,42	1935454		
Передпосівний обробіток ґрунту.	17,52	0,9	50		0,94	1559700		
Догляд за посівами:								
Підживлення посівів азотом	16,76	1,00	120	3,55	6,76	2965106	100,0	
Боронування озимих у два сліди	1,75	0,25	30	8,80	2,89	566465	19,1	
Підживлення посівів азотом	0,42			2,0	0,31	249230	8,4	
Обробіток посівів фундозолом+тур	4,24	0,25	30		0,40	593648	20,1	
Підживлення посівів азотом	0,87			6,8	0,10	401503	13,5	
Збирання врожаю роздільним способом	1,28	0,50	60	8,8	2,89	1002068	33,8	
Інші роботи								
Усього	54,27	24,87			14,92	736382		9,8

	152,4	30,89	380	12,35	22,05	7479232		100
--	-------	-------	-----	-------	-------	---------	--	-----

РОЗДІЛ 3.

РОЗРАХУНОК ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ МАТЕРІАЛІЗОВАНОЇ ЕНЕРГІЇ НА МЕЛІОРАЦІЮ СЕРЕДОВИЩА

Згідно з технологічною картою інтенсивної технології вирощування озимої пшениці в технологічний процес «Внесення 30т/га органічних добрив» включені такі роботи: транспортування автомобілем на 5 км та розкидання добрив на полі агрегатом у складі трактора та гноєрозкидача на гектар витрачається 24,75 кг палива і 0,31 люд.-год праці. Як відомо, витрати непоновлюваної (викопної) енергії на внесення в ґрунт органічних добрив (крім енергоємності техніки) належать до антропогенної енергії. Із загальних витрат енергії в цьому процесі—524,1 тис. ккал (100%) антропогенна енергія займає 410,9 тис. ккал (78,6%) і матеріалізована—113,2 тис. ккал (21,4%). Ми вже звертали увагу на те, що за умов удосконалення технологічних процесів у інтенсивних ресурсо- і енергозберігаючих технологіях підпадає в першу чергу зменшення маси техніки, а разом з цим зменшення перенесення енергоємності на гектар землі.

Техніка для сільського господарства вимагає нових конструкторських вирішень, створення на базі існуючих комплексів — знарядь, подібних до комбайнів. Новий агрегат-комбайн повинен виконувати на проході по полю до десяти, а то й більше операцій. Такий агрегат може замінити до 7- 10 машин з властивими для них видами робіт. Трактори лише в зчепленні з новими, полегшеними машинами та знаряддями і установленою на них гідравлікою та автоматикою знайдуть широке застосування в землеробстві, що дасть можливість зменшити витрати енергії.

Розглянемо ще один етап технологічного процесу в інтенсивній технології вирощування озимої пшениці: «Обробка посівів гербіцидами». Витрати непоновлюваної енергії на весь обсяг робіт по застосуванню гербіцидів оцінюються в 249,2 тис. ккал, 3,3% до загальних витрат. Матеріалізована енергія становить 243,8 тис. ккал, або 97,8%, у тому числі гербіциди — 166,2 тис. ккал (66,6% до матеріалізованої енергії). Досліди показують, що боротьба

з бур'янами лише хімічним способом порушує екологічну рівновагу та завдає шкоди природі. На жаль, основна увага у виробництві звертається на застосування гербіцидів та мало на відновлення агротехнічних заходів, які гігієнічніші і дешевші від хімічних. Агротехнічні заходи, як правило, мало енергоємні і доступні для кожного господарства. Досліди Українського НДІ землеробства показують, що знищення бур'янів агротехнічними засобами вимагає набагато менше витрат ресурсів і енергії, ніж хімічним способом. Боронування сходів бур'янів на заздалегідь виораному полі під посів озимини проводиться агрегатом у складі трактора і борін у зчіпці та витрачається на гектар лише 152,3 тис. ккал енергії. Таким чином, заміна хімічних методів боротьби з бур'янами на агротехнічні забезпечує збереження енергії в розмірах майже 100 тис. ккал (249200 ккал — 152300 ккал), а на всій площі вирощування озимої пшениці за інтенсивною ресурсо- і енергозберігаючою технологією— $5,5 \cdot 10^6$ ккал енергії.

Розглянемо витрати ресурсів та енергії на проведення технологічного процесу «Обробіток посівів фунгіцидами (фундазолом)+тур у період кущіння— початок виходу в трубку». Нагадаємо, що енергія, яка витрачається на боротьбу з бур'янами, шкідниками, хворобами та на внесення хімічних речовин — ретардантів належить до матеріалізованої. За технологічною картою, обсяг робіт на цій позиції складається з підвезення 400 л/га води автомобілем і цистерною; приготування розчину і заправки агрегату; обробки посівів розчином фундазолу + тур. При цьому витрачається на гектар фундазолу 0,8 і туру 6 кг.

При тривалому і наднормативному внесенні мінеральних добрив, ґрунти, як правило, набувають кислої реакції і від цього погіршується ріст і розвиток рослин. Протягом ряду років надходять сигнали, що виникає проблема закислення ґрунтів, а нейтралізація їх потребує додаткової витрати енергії.

РОЗДІЛ 4.

ІНТЕНСИВНІ РЕСУРСО- І ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

Інтенсивні ресурсо- і енергозберігаючі технології вирощування сільськогосподарських культур базуються на оптимальному використанні ґрунтово-кліматичних умов, потенційних можливостей сортів інтенсивного типу, розміщенні посівів у сівозмінах, забезпеченні рослин елементами мінерального живлення в потрібній кількості та співвідношеннях, застосуванні інтенсивної системи захисту рослин, своєчасному і доброму виконанні технологічних процесів, матеріальній зацікавленості людей у збільшенні обсягів, поліпшенні якості продукції та економічній ефективності виробництва.

Сучасні інтенсивні ресурсо- і енергозберігаючі технології мають поєднувати найновіші досягнення науки та передового досвіду, а також забезпечувати високу віддачу використовуваних матеріально-технічних засобів. Недотримання хоча б якоїсь ланки у загальному технологічному процесі призводить до зменшення врожаю та до більш різкого зниження рівня окупності витрат. Як показують дослідження, при запровадженні інтенсивних технологій витрати ресурсо-енергетичних засобів на одиницю площі посіву зростають, а на одиницю продукції — зменшуються, що відбувається за рахунок збільшення врожаю.

Наявність показників економічної оцінки вирощування сільськогосподарських культур за досліджуваними технологіями дозволяє вибрати економічно найвигідніший варіант технології і одночасно намітити шляхи можливої економії ресурсів та енергії як в цілому по всьому технологічному потоку, так і в окремих технологічних процесах.

Стрімкі темпи розвитку сільськогосподарської науки показують, що ті наукові розробки, які ще вчора оцінювались як прогресивні та обов'язково потрібні для виробництва, то сьогодні вони є пройденим етапом. Нинішні задуми — за короткий час продуктивність землі подвоїти — реальні, для цього

необхідно кожному господарству освоїти науково обґрунтовану систему землеробства. Проте роботи в Україні щодо підвищення продуктивності ґрунту ще не набрали широкого розмаху.

Вирощування сільськогосподарських культур на полях, де застосовується інтенсивна технологія і є тією ланкою, за допомогою якої можна за короткий період збільшити врожайність сільськогосподарських культур.

За даними науково-дослідних інститутів, на 1 га посіву озимої пшениці з врожайністю зерна 50 ц та соломи 60 ц, а всього врожаю 110 ц ($31,9 \cdot 10^6$ ккал енергії) витрачається в середньому від 7 до 11 млн. ккал непоновлюваної енергії. Якщо витрачену енергію на меліорацію середовища розділити на енергію в урожаї, то одержимо економічну віддачу, тобто скільки енергії припадає (ккал) на одну витрачену ккал у виробництві. При витратах на гектар посіву $11 \cdot 10^6$ ккал енергії віддача зерном настає після одержання 35 ц ($11,7 \cdot 10^6$ ккал), при витратах $9 \cdot 10^6$ ккал енергії цей рубіж зменшується до 30 ц ($9,9 \cdot 10^6$ ккал) і при затратах $7,5 \cdot 10^6$ ккал енергії — відповідно 25 ц ($8,3 \cdot 10^6$ ккал енергії). Інтенсивні ресурсо- і енергозберігаючі технології дозволяють економно витрачати енергію, направляти її на вирощування зерна і знижувати границю окупності витрат. Чим нижча вона, тим окупність вища.

Добитись продуктивної роботи інтенсивних ресурсо- і енергозберігаючих технологій можна введенням у технологічний потік надійних в роботі високопродуктивних машин та механізмів, правильного їх агрегування для того, щоб вони за один прохід виконували декілька операцій з широким захватом робочої (оброблюваної) смуги. Обслуговуючий персонал, машина, механізм, агрегат, хімічні речовини, паливо, насіння, електроенергія є складовою, незамінною частиною (елементом) тривалого і складного технологічного потоку. Від здібностей обслуговуючого персоналу — вміло керувати окремими технологічними процесами і потоком в цілому, не допускати в роботі помилок та хиб,— залежить віддача інтенсивних технологій, яка вимірюється величиною врожаю та фактичними витратами ресурсів і енергії на його створення.

Досліди та виробнича перевірка їх в експериментальних господарствах (Миронівський НДІ селекції і насінництва пшениці, Душко М. В., НДІ кукурудзи, Бакай С. С., Український НДІ землеробства, Тудель М. І., Український НДІ зрошуваного землеробства, Нетіс І. Т.) показують, що нормальна робота інтенсивних ресурсо- і енергозберігаючих технологій потребує постійного контролю за технологічними процесами та вмілого керівництва з боку інженерно-агрономічного персоналу як у період до роботи так і в полі. Організаційно-ресурсне забезпечення інтенсивних технологічних процесів має бути на два порядки вищим порівняно із забезпеченням у застосовуваних раніше технологіях. І це тому, що в інтенсивних ресурсо- і енергозберігаючих технологіях використовується багато машин, механізмів, агрегатів. Так, у інтенсивній технології вирощування озимої пшениці, розробленій Миронівським НДІ селекції та насінництва пшениці, застосовують близько 50 видів техніки масою 281979 кг та енергоємністю 1186400 ккал (1кг маси техніки має 4,2 ккал) енергії. У загальних витратах енергії на 1 га посіву на механізми і транспортні засоби припадає 15,9%. Це високий показник і він свідчить, що сільськогосподарська техніка, запасні частини до неї металомісткі, енергоємні. Приблизно такі самі показники щодо техніки та за інтенсивних ресурсо- і енергозберігаючих технологій вирощування кукурудзи і цукрових буряків.

Інтенсивні ресурсо- і енергозберігаючі технології в землеробстві потрібні для рішучого прискорення інтенсифікації сільськогосподарського виробництва і поліпшення якості продукції на її основі. Нові інтенсивні ресурсо- і енергозберігаючі технології сучасного покоління створені та забезпечують якісний стрибок у землеробстві і значний науково-технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві.

Інтенсивні ресурсо- і енергозберігаючі технології майбутнього покоління знайдуть своє місце на полях України уже в 2018-2020 рр. Технології будуть характеризуватись великою надійністю роботи всіх їх ланок.

Нормативна база для визначення енергоємності ресурсів, продукції. Енергетичний аналіз набирає сили та поширюється на різні галузі

сільськогосподарського виробництва: землеробство, механізацію, тваринництво, економіку. Велику користь він приносить при розробленні, створенні та використанні нових технологій.

Сучасним сільськогосподарським виробництвом залучається все більша кількість енергії різних видів. За участю ґрунту, машин, добрив, пестицидів, палива, повітря, води енергія модифікується в продукти рослинництва і тваринництва. Величина врожаю сільськогосподарських культур залежить від певних витрат енергії. Конкретні форми енерговитрат, так само як і продукції, врожаю, завжди різні, але по суті їх внутрішні зв'язки у виробництві однакові. Навіть якщо уявити, що людина працює без машин, механізмів та не використовує природної енергії, то й тоді її праця— не що інше, як затрати енергії. З освоєнням нового виду енергії створюються умови для якісного стрибка в розвитку продуктивних сил. Якраз з цим пов'язуються великі технічні перетворення. Нормативна база для таких підрахунків розроблена і пропонується для застосування в сільському господарстві — це система норм витрат енергії в кілокалоріях (джоулях). За допомогою енергопоказників (енергетичних еквівалентів) легко проводити енергетичний аналіз технологічних процесів та інтенсивних ресурсо- і енергозберігаючих технологій, давати оцінки технологічним операціям.

Досліди показують, що масове запровадження тієї чи іншої техніки та технології доцільно проводити тільки тоді, коли приріст корисного ефекту (коефіцієнт енергетичної ефективності) перевищує приріст енерговитрат, тобто коли енергоємність одиниці врожаю зменшується по всьому виробничому циклу: від підготовки ґрунту, насіння і до одержання кінцевого продукту — урожаю.

Визначення енергії в кілокалоріях як економічний показник застосовується на всіх рівнях виробництва. Це дає змогу не тільки аналізувати весь ланцюг витрат за складного технологічного потоку інтенсивних технологій, але й наблизити реалізацію економічної зацікавленості господарств у зменшенні витрат ресурсів і енергії. Важливо підкреслити, що скорочення енерговитрат на одиницю площі (га) або на одиницю продукції (ц)

повинно проводитись без зменшення кількості та погіршення якості врожаю (продукції).

Теоретичні величини, які визначають енергоємність витрат у виробництві та одержанні продукції,— загально визнані в світі. Але надходять пропозиції про розширення нормативної бази для таких розрахунків і введення системи норм витрат енергії в кіловат-годинах, кілограмах палива.

Проводити енергетичний аналіз тільки за нормативами витрат електроенергії (кВт-год) неможливо, бо в сільськогосподарському виробництві більше застосовуються мотори на рідкому паливі, ніж на електроенергії. За даними НДІ цукрових буряків, для вирощування 1 га цукрових буряків за інтенсивною ресурсо- й енергозберігаючою технологією загальні витрати не поновлювальної енергії становлять 12,7 млн. ккал (100 %), у тому числі палива — 3,4 млн. ккал (27,77%), ручної праці — 0,7 млн. (5,53%) і електроенергії — 0,005 млн. ккал (0,04 %). З цього видно, що користуватись нормативами витрат електроенергії та палива для проведення аналізу роботи інтенсивних технологій недоцільно.

РОЗДІЛ 5.

РОБОЧА ЕНЕРГІЯ

Численні розробки, проведені за допомогою енергетичного аналізу, показують, що на створення великого врожаю зернових культур, затрати факторів родючості з поновлюваною енергією завжди перевищують використання рослинами енергії не поновлюваної. Пропорція ця непостійна і межі її коливаються. Виникає принципове питання: чи можна завдяки меліорації середовища факторами родючості повсюди забезпечити формування великої врожайності. І відповідь одна: у природних умовах України можна. Однак лімітуючим фактором є запаси непоновлюваної енергії, яку має людина для затрат у сільському господарстві. Проте такий її запас навіть тепер обмежений і йде на спад. А деякі успіхи в зростанні врожайності, які досягнуті, наприклад, у США, Західній Європі в результаті великих затрат непоновлюваної (викопної) енергії на меліорацію середовища, за оцінками спеціалістів цих країн, не можуть розглядатись як позитивні приклади для інших країн світу. Колективи науково-дослідних установ поступово переглядають структуру загальних енерговитрат на меліорацію середовища з тим, щоб ширше вводити в технологічні процеси фактори родючості поновлюваної (природної) енергії. Це дасть можливість позбутися старих тенденцій у побудові технологічних процесів із максимальним використанням факторів родючості з непоновлюваною енергією. При цьому більше уваги звертається на обов'язкове врахування в технології факторів родючості, до яких належить насамперед сонячна енергія — найпотужніше джерело тепла і світла, яке безперервно надходить на землю та діє в усіх процесах родючості. З енергетичного аналізу, в експериментальному господарстві ВНДІК на одержання врожаю з 1 га кукурудзи було затрачено $7 \cdot 10^6$ ккал непоновлюваної енергії (паливо, мінеральні добрива, пестициди, людська праця, техніка), а одержано продукції енергоемністю $38,7 \cdot 10^6$, у тому числі зерна — $13,7 \cdot 10^6$ ккал (3870 кг), стебел і стрижнів качанів — $25,0 \cdot 10^6$ ккал (5427 кг). Така кількість непоновлюваної енергії була затрачена на підготовку ґрунту,

сівбу, догляд і збирання врожаю. Затрати енергії на досушування та доробку зерна кукурудзи сюди не входять. Вони надто великі й інколи рівнозначні затратам на вирощування. Між тим у енергетичному аналізі є ще методика обчислення так званої «робочої» енергії, тобто тієї, яка безпосередньо витрачається на формування маси врожаю. Такої енергії, звичайно, менше загальної. На скільки? Якщо врахувати, що ефективність дизельних двигунів дорівнює 25%, а бензинових 15% (у середньому візьмемо 20%), то з витраченої енергії, яку має рідке паливо в кількості $2,3 \cdot 10^6$ ккал, на врожай рослин фактично працювало ($2322100 \text{ ккал} \cdot 20\%$) : $100 - 464420$ ($0,46 \cdot 10^6$) ккал енергії. Решта енергії у рідкому паливі ($2322100 \text{ ккал} - 464420 \text{ ккал}$) = 1857680 ($1,8 \cdot 10^6$ ккал) участі в утворенні врожаю не брала. За існуючою технологією втрати мінеральних добрив і забруднення ними навколишнього середовища становлять: азотних — 50%; фосфорних — 60%. За таких умов «робоча» енергія добрив оцінюватиметься: азотних ($2145600 \text{ ккал} - 50\%$) + 2267500 ккал) на утворення біологічної маси врожаю фактично витрачено: 464420 ккал палива+ + 1072800 ккал азоту+ 48360 ккал фосфору = 1585980 ккал енергії (36,7%). Якщо аналізувати інші фактори родючості та оцінити їх за витратами «робочої» енергії, то можна сказати, що на рослину працює тільки 1/4 витраченої непоновлюваної енергії з усієї використаної. У наших розрахунках загальні витрати на гектар посіву кукурудзи на зерно оцінюються в $7011,8$ тис. ккал ($7 \cdot 10^6$). Четверта частина її становить $1,8 \cdot 10^6$ ккал енергії. Це і буде «робоча» енергія. У зв'язку з незадовільною ситуацією, яка складається з використанням непоновлюваної енергії, виникає необхідність ученим зосередити зусилля на розробці важливих теоретичних і практичних питань щодо ефективнішого ощадливого витрачання енергії палива, добрив, пестицидів та інших ресурсів.

РОЗДІЛ 6.

ВИКОРИСТАННЯ ПОНОВЛЮВАЛЬНОЇ (ПРИРОДНОЇ) ЕНЕРГІЇ

Енергетичні ресурси клімату. До енергетичних ресурсів клімату входять: сонячна радіація (сумарна і пряма), яка падає на перпендикулярну площу; енергія вітру. Використання цих видів енергії ефективне і вони не забруднюють навколишнє середовище. Заслуговує на увагу можлива їх взаємна компенсація. Якщо в листопаді — березні на півночі і в грудні — лютому на півдні України надходження сонячної радіації недостатнє для практичного використання навіть у закритому ґрунті, то в цей час є можливість використовувати енергію вітру, швидкість якого перевищує 5-6 м/с і переробляти її у електричну для тепла і світла. До додаткових енергоресурсів клімату можна віднести тепло повітря, особливо за спекотної погоди, коли температура його перевищує 30°C.

Ефективно використовують сонячну енергію рослини.

Радіаційний режим. На агрокліматичних картах подається розподіл річного і зонального значення сумарної радіації і радіаційного балансу (ккал/см²). Сумарна радіація складається з прямої сонячної і розсіяної іншими небесними світилами. Радіаційний баланс — це різниця між радіацією, яка поглинута і тією, що відбивається від земної поверхні. Для визначення радіаційного балансу можна користуватись формулою: $B = (Q + q) (1 - A_k) - E$, де B — радіаційний баланс; $Q + q$ — сумарна радіація, A_k — здатність відбиватися від підстилаючої поверхні, або альbedo; E — ефективне відбиття землі.

Теплозабезпеченість. Для оцінки теплозабезпеченості рослин беруть до уваги суму температур за період із середньою добовою температурою понад 10°C. Кількісно вона рівна середній температурі за цей період, помноженій на тривалість періоду. Потреба рослин у теплі також визначається сумою температур за період вегетації (від сівби до дозрівання). Відомо, що в холодний рік дозрівання запізнюється, у жаркий, навпаки, прискорюється.

Визначаючи потребу рослин в теплі та порівнюючи її з фактичною сумою температур за період з температурою понад 10 °С, можна визначити ступінь забезпеченості рослин теплом.

На один гектар надходить $5 \cdot 10^9$ ккал енергії сонця (за добу $3,6 \cdot 10^7$ ккал енергії). Із цієї кількості близько $60 \cdot 10^6$ ккал енергії (1,2%) використовується рослинами для формування стебла, стрижнів качанів і зерна, у тому числі на зерно 0,4%, на стебла і стрижні качанів 0,8%. Робоча непоновлювальна енергія в кількості $1,8 \cdot 10^6$ ккал до загальної енергії сонця ($60 \cdot 10^6$), акумульована рослинами кукурудзи в процесі фотосинтезу становить лише 3%. Про це свідчать такі розрахунки $[(1,8 \cdot 10^6) \cdot 100] : (60 \cdot 10^6) = 3\%$.

Наведені цифри показують тільки кінцеві результати виробництва продукції рослинництва, а в біологічному процесі використовується енергії в десятки разів більше. За даними інституту фізіології АН Молдови, за вегетаційний період рослина кукурудзи фактично споживає до 50% ($2,5 \cdot 10^9$ ккал/га енергії) сонячної радіації, яка витрачається на транспірацію (35%) і нагрівання (15%) рослини. Енергія, яка іде на транспірацію та нагрівання рослин, вважається також робочою, оскільки ці процеси взаємно впливають один на одного. Забезпечують водний і температурний режим рослин. Таким чином, на гектар посіву кукурудзи припадає $2,5 \cdot 10^9$ (2,5 мільярда ккал) поновлюваної (сонячної) енергії та $1,8 \cdot 10^6$ ккал (1 млн. 800 тис. ккал) непоновлюваної. Співвідношення «робоча» сонячна енергія: «робоча» викопна енергія характеризується такими арифметичними рядами: $(2,5 \cdot 10^9) : (1,8 \cdot 10^6) = 1400$ ($1,4 \cdot 10^3$) і підтверджує, що енергетичний внесок людини у виробництво продукції землеробства зовсім незначний порівняно з надходженням і використанням енергії сонця. Це співвідношення показує, що на 1 ккал робочої енергії непоновлюваної рослина споживає 1400 ккал поновлюваної (сонячної). Таке співвідношення одержане за високої культури виробництва.

Наведені розрахунки та висновки показують, що ми стаємо учасниками нових напрямів розробок інтенсивних ресурсо- й енергозберігаючих

технологій з залученням до виробництва природного тепла, світла, води і зменшенням за рахунок цього використання непоновлюваної енергії.

Таблиця 3

Затрати сонячної енергії на формування врожаю кукурудзи, ккал енергії на 1 га.

Показники	Ккал енергії сонця	%
Надходять за вегетаційний період (130-145 днів)	$5 \cdot 10^9$	100,0
Використовується на формування рослин кукурудзи (стрижні качанів, стебло, зерно)	$60 \cdot 10^6$	1,2
Утому числі : Зерно	$20 \cdot 10^6$	0,4
Стебла і стрижні качанів	$40 \cdot 10^6$	0,8

РОЗДІЛ 7.

ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ІНТЕНСИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Нині проходить перебудова сільськогосподарського виробництва на всіх його рівнях. Центр уваги переноситься з кількісних показників на якісні, а ефективність — з проміжних результатів на кінцеві. Разом з цим розширюються виробничі фонди, нарощуються паливно-сировинні ресурси і поліпшується їх використання, прискорюється розвиток наукоємних галузей відповідно до змін структури та інвестиційної політики.

Сільське господарство є однією з основних ланок народногосподарського комплексу України. Важливим резервом подальшого зростання валових зборів продукції рослинництва, як показує життя, є розширення площ вирощування культур за інтенсивними ресурсо- і енергозберігаючими технологіями. У виробничих умовах ефективність цих технологій завжди більша, ніж існуючих, тобто при застосуванні цих технологій, продукції землеробства можна одержувати більше, а всіх видів ресурсів та енергії на її створення витратити менше. Добитись цього можливо лише тоді, коли практика виробництва буде користуватись енергетичним аналізом.

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 і визначається в кілокалоріях або джоулях. Наприклад, енергетичний еквівалент 1 кг маси культиватора (КПС-4) оцінюється 12,18 ккал, автомобіля вантажного — 3,42, трактора — 5,80, гранульованих фунгіцидів — 51755 ккал. При визначенні цього еквівалента, наприклад, в 1 кг маси трактора затрачається енергія на добування залізної руди, кам'яного вугілля, їх перевезення, виплавляння металу, виготовлення самої машини. Це так звана матеріалізована енергія. Протягом експлуатаційного періоду враховується також амортизація, ремонт, витрачені запасні деталі. Енергетичні еквіваленти вже визначені на

техніку, електроенергію, паливо, добрива, пестициди, транспортування, переробку і зберігання сільськогосподарських продуктів, на затрати робочої сили.

Введення енергетичних еквівалентів до аналізу дає змогу всі види праці й матеріально-технічні засоби (техніку — у кілограмах маси, живу працю— людино-годинах, витрати палива — у літрах, кілограмах, використання електроенергії — у кіловат-годинах, заробітну плату — у гривнях) привести до єдиного показника (ккал чи Дж) і за допомогою його визначити активну частину кожного елемента, фактора родючості у технологічному процесі, його вклад у формування врожаю. За допомогою цього єдиного міжнародного показника можна за енергоємністю технологічного процесу порівняти технології у землеробстві, рослинництві й тваринництві, які розроблені в різних регіонах чи країнах. У цьому й полягає цінність застосування в енергетичному аналізі енергетичних еквівалентів. Еквіваленти, які нині застосовують у США та Угорщині, мають гранично допустиму стандартизацію і потребують уточнення, виходячи із соціально-економічних умов, забезпеченості виробництва матеріальними ресурсами, ґрунтово-кліматичних особливостей, рівня розвитку науки. Енергетичні еквіваленти, які рекомендовані для умов України, уточнені і відповідають її економічним умовам.

За допомогою енергетичних еквівалентів можна точно проаналізувати витрати на роботу агрегатів, машин, техніки, навіть у цілому агрономічної служби. Енергетичний аналіз дає можливість кожну галузь виробництва, технології виробництва основних сільськогосподарських культур, окремих технологічних процесів вести економічно і рентабельно. На основі застосування енергетичних еквівалентів показана доцільність та переваги енергетичного аналізу в сільському господарстві. Енергетичний аналіз повинен проходити з пошуком такого планування виробництва, яке забезпечить більш раціональне застосування непоновлюваної і поновлюваної енергії, зберігання і примноження родючості ґрунту, охорону навколишнього середовища. На основі запропонованого енергетичного аналізу можна досить точно визначити

рівень ефективності використання природних ресурсів, ґрунту, клімату, сонячної радіації, тепла, тобто основних факторів родючості, які позитивно або негативно впливають на врожай. За допомогою енергетичного аналізу також можна правильно оцінити новостворений сорт і показати, яку частку врожаю формує він за рахунок непоновлюваної і поновлюваної енергії.

Енергетичний аналіз інтенсивних технологій вирощування 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. Якщо він великий, то це свідчить, що технологія наближується до ресурсо- і енергозберігаючих. Показник залежить від ґрунтово-кліматичних умов, ступеня техногенної навантаженості структури посівних площ і наявності науково обґрунтованих сівозмін. У господарствах, де застосовані науково обґрунтовані системи землеробства, окупність інтенсивних технологій завжди висока і вони дозволяють у ході виробництва багато економити ресурсів та енергії.

Якщо в господарствах відсутня наукова структура посівів і не дотримуються сівозмін — говорити про економію ресурсів, енергії немає підстав.

Критерій оцінки ефективності сільськогосподарського виробництва визначається співвідношенням кількості енергії, втіленої у вирощеній продукції — зерно (18,7 млн. ккал), до суми непоновлюваної енергії (11 млн. ккал), яка була затрачена на її одержання. Це співвідношення виражається коефіцієнтом енергетичної ефективності (K_{ee}). У наших розрахунках при загальних затратах енергії на 1 га посіву озимої пшениці та одержанні при цьому основної продукції (зерно) 5000 кг і побічної (солома) 6000 кг коефіцієнт енергетичної ефективності становить 2,98, а по відношенню тільки до зерна — 1,7. Це означає, що вихід валової енергії перевищує витрачену сукупну непоновлювану енергію.

Строки служби техніки та розміри щорічного відрахування енергоємності на оброблену площу

Назва техніки	Строки служби, років	Щорічне відрахування енергоємності, %
Трактори: К-700А, Т-150К, Т-150, МТЗ-80	10	10
Комбайни зернозбиральні: СК-5, СК-6..	9	11,2
Плуги, сівалки зернові , причепа вантажністю 9 і більше тон, автомобілі вантажні.	8	12,5
Трактор Т-25, кукурудзозбиральні комбайни, жатки , луцильники, культиватори, котки.	7	14,2
Борони дискові, зубові, граблі, волокуші.	6	16,5
Машини для внесення мінеральних добрив, обприскувачі, обпилювачі	5	20

Інтенсивна ресурсо- і енергозберігаюча технологія вирощування озимої пшениці, яка розроблена Миронівським НДІ селекції і насінництва пшениці ім. В. М. Ремесла, відповідає своєму призначенню. Проте і вона потребує подальшого вдосконалення, особливо в тій її частині, де можливе зменшення витрат мінеральних добрив, пестицидів, проходів по полю техніки, поліпшення агрегування засобів пересування з механізмами. Це дає змогу збільшити К_е. У такій технології формування врожаю відбувається за рахунок поновлюваної енергії. І тут багато залежить від селекціонерів. Адже створений ними сорт має добре використовувати природно-кліматичні умови, засвоювати максимальну кількість сонячної енергії на формування врожаю.

На ранньому періоді освоєння інтенсивних ресурсо- і енергозберігаючих технологій у землеробстві і рослинництві виникає необхідність щороку реконструювати окремі технологічні елементи, а потім — і весь комплекс.

Уточнюються в основному норми мінеральних добрив, пестицидів як найбільш енергоємних елементів та скорочується кількість проходження техніки по полю за рахунок поліпшення комплектування землеобробних, посівних і збиральних агрегатів. Головне значення в перебудові інтенсивних технологій належить людському фактору. Чим глибше реконструкція технологічних процесів розвиває інтенсивні форми виробництва, тим вища інтелектуальність особи, яка формує інтенсивний процес.

За допомогою сучасних комп'ютерних програм прискорюється проведення вказаних робіт. Комп'ютер в своїй пам'яті може тримати рекомендації на кожний день, тиждень, місяць, які треба зробити зміни в технологічних процесах залежно від зміни картини поля під впливом погоди. Інформаційно-обчислювальний центр Академії аграрних наук м. Києва може розробляти проектно-технічну документацію на модель імітаційного моделювання продукційного процесу виробництва озимої пшениці за інтенсивною ресурсо- і енергозберігаючою технологією. При ньому необхідно зауважити, що на імітаційне моделювання продукційних процесів у рослинництві вперше опрацьоване в Агрофізичному науково-дослідному інституті доктором економічних наук Р. О. Полуектовим.

Комп'ютеризація окремих технологічних процесів або інтенсивних технологій у землеробстві і рослинництві допомагає обробити всю документацію і видати рекомендації на роботи в полі. Сьогодні вже можна сказати, що інтенсивні ресурсо- і енергозберігаючі технології знаменують собою народження принципово нових відношень між людиною і виробництвом, наукою і виробництвом.

Ще важко дати оцінку впровадженню енергетичного аналізу в галузях АПК. Проте розробки енергетичних еквівалентів, методики енергетичного аналізу розпочалися. Досліди цікаві, дуже потрібні, їх слід проводити на достатньому методичному рівні з повним дотриманням вимог комплексності, конкретності, щоб забезпечити видачу таких матеріалів, які гарантують вибір оптимальних варіантів. Пропозиції, що стосуються технологій, повинні обов'язково поєднуватися з наявною високопродуктивною і перспективною

технікою, а також із реальними можливостями ресурсного забезпечення сільськогосподарського виробництва на перспективу.

Рівень наукових досліджень і технічного озброєння дає змогу конструювати інтенсивні, ресурсо- і енергозберігаючі технології, які б відповідали найвищим вимогам сучасного виробництва. При цьому технологічні карти мають бути динамічними, відображати прагнення дослідників щодо економії ресурсів і енергії. У наукових працях необхідно дотримуватися принципу розробок пріоритетних напрямів у технологіях, які диктує науково-технічний прогрес.

РОЗДІЛ 8.

СТРУКТУРА ЕНЕРГОВИТРАТ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Розрахунки витрат непоновлюваної енергії при вирощуванні різних сільськогосподарських культур (пшениця, ячмінь, кукурудза, цукрові буряки, картопля та інші) виконані на прикладах сільськогосподарського виробництва в різних областях України. Технологічні карти розроблені науково-дослідними інститутами. При аналізі енерговитрат у сільськогосподарському виробництві були складені схеми енергетичного балансу всього технологічного процесу. Проводився аналіз витрат енергії:

1. Викопної, яка направляється на полегшення людської праці (ккал). Вона закладена в таких технологічних процесах: лущіння стерні, оранка, культивування, боронування, сівба, міжрядний обробіток, збирання, доробка вирощеної продукції, транспортування, виконання всіх робіт механізмами.

2. Непоновлюваної і поновлюваної, що йде на поліпшення умов середовища. Сюди входить енергія сонця, насіння, пестицидів, мінеральних добрив, зрошення, яка визначається в ккал на 1 га посіву.

3. Вираховується величина одержаного врожаю і енергетичний еквівалент його, ккал. Цей показник і визначає результати енергетичного аналізу.

Така схема дозволяє оцінити відносний вклад цієї чи іншої операції і визначити найбільш енергоємну. Для розрахунку частки ручної і механізованої праці із всієї вкладеної викопної енергії необхідно виділити частину, яка йде на меліорацію середовища (добрива, пестициди, зрошення) і частину — на полегшення праці людини (механізація).

У чому ж справа? Зональні структури посівних площ нерідко порушуються. Так, у поліській зоні останнім часом невиправдано зростають площі озимої пшениці замість врожайніших тут і пристосованих до місцевих умов озимого жита і ячменю. Незважаючи на наявність високопродуктивних ранньостиглих гібридів, в окремих районах Лісостепу і Полісся повільно розширюються посіви кукурудзи. У цьому плані недостатньо

використовуються зрошувані й осушені землі. Враховуючи, що більше половини господарств України веде виробництво зерна в зонах недостатнього і нестійкого зволоження, важливою умовою подальшого підвищення валових зборів озимої пшениці є ефективне використання зайнятих і чистих полів з одержанням на них 40—50 ц/га зерна. Резервів збільшення виробництва зерна ще багато.

Озима пшениця. Наука стверджує, що Україна може щорічно збирати 60 млн. тон пшениці навіть за умови скорочення площ під нею. Для цього є відповідні кліматичні умови, високоврожайні сорти і сучасна технологія. Так, урожайність українських сортів пшениці сьогодні зросла до 55—60, а багато господарств збирають і більше 70 ц/га. Вчені поставили завдання одержувати сорти з урожайністю 110—130 ц/га зерна.

Енергетичний аналіз вирощування зернових культур. Виробництво зерна за інтенсивними технологіями проводити на площі 7000 тис. гектарів, у тому числі озимої пшениці на площі 4500 тис. гектарів. Результативність інтенсивних технологій спрямована на те, щоб у короткі строки повністю забезпечити населення продуктами рослинного походження. На виробництво 1 ц зерна в Україні витрачається 1,5 люд.-год, а в США — 0,35. Щоб проблему зерна зрушити з місця, необхідно проаналізувати прорахунки і помилки у вирощуванні зернових культур на прикладі районів і областей, показати шляхи підвищення родючості ґрунту при незначних витратах ресурсів і енергії.

Головною причиною нестійкості виробництва зерна є надто повільне освоєння господарствами систем землеробства, яке в кінці кінців визначає рівень ефективності родючості ґрунту і максимальне визначення біокліматичного потенціалу. Необхідно відзначити, що наукові заклади України розробили зональні системи ведення господарства, а потім диференціювали їх для кожної області. Вони є науковою основою підвищення продуктивності і стійкості землеробства і головної її галузі — зернового господарства. Про ефективність наукових систем говорить такий приклад. В різних ґрунтово-кліматичних зонах України понад 1000 господарств зібрали 60 ц/га і більше зерна. У той самий час така ж кількість господарств зібрала по 30

ц/га зерна і менше, тобто в зерновому господарстві є великі резерви нарощування виробництва зерна і вони повністю не використовуються.

Озима пшениця в основному степова і лісостепова культура. Потребує достатньої вологості ґрунту. Кращі ґрунти для неї — чорноземи. Відповідно до класифікації М. І. Вавілова, за ступенем посухостійкості належить до середньостійких культур, поступається ячменю за солестійкістю, втримує зниження кислотності ґрунту до рН4,2—4,5, а оптимум її розвитку забезпечується при рН 6,5—7,5. Пшениця порівняно енергоефективна культура.

Для одержання врожаю зерна близько 40 ц/га необхідно витратити 3—4 млн. ккал викопної енергії. Проте при необґрунтованих витратах мінеральних добрив і пестицидів, багаторазовому проходженні техніки, з енерговитратами 10—11 млн. ккал, урожай зерна пшениці не перевищує 50ц/га.

РОЗДІЛ 9.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ЧАСТИНА ДЛЯ РОЗРОБКИ КУРСОВИХ ТА ДИПЛОМНИХ ПРОЕКТІВ З ДИСЦИПЛІНИ “ЕКСПЛУАТАЦІЯ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ” СПЕЦІАЛЬНОСТІ “ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА”

Проаналізувавши попередньо подану інформацію щодо значення і місця енергетичного аналізу в сільськогосподарському виробництві і безпосередньо, що стосується механізації виробничих процесів, пропонується ввести додатковий розділ “Енергоефективна частина” при розробці курсових і дипломних проектів з дисципліни “Експлуатація машин і обладнання”

Подаємо один із прикладів розробки цього розділу.

9.1 Вибір метода і критерія оцінки паливно-енергетичних показників на виконання механізованих процесів.

Застосовувані в даний час методи оцінки виробництва сільськогосподарської продукції за затратами праці і економічними показниками (приведені затрати, рентабельність та ін.) в окремих випадках недостатні, оскільки ці показники мають суттєві коливання, визначені політикою ціноутворення, і не дозволяють встановити рівень необхідних затрат енергії на виробництво продукції. Постійно зростаючий дефіцит енергії в світі потребує такого підходу до оцінки механізованих технологій і технологічних процесів, при якому повинні враховуватись енергетичні затрати на виробництво кожного виду сільськогосподарської продукції.

Паливно-енергетичний аналіз слід застосовувати як при оцінці технологій, так і при випробуванні сільськогосподарської техніки. Він включає розгляд притоку в сільське господарство енергії, яка витрачається на виробництво продуктів харчування. Виходячи з технологічних карт на вирощування і збирання сільськогосподарських культур, енергетична оцінка даної технології включає прямі енергозатрати (в основному нафтопродуктів)

на виробництво одиниці продукції і енергозатрати пов'язані із виробництвом засобів механізації, добрив, гербіцидів і ін.

Енергетичний аналіз дозволяє оцінювати існуючі і проєктовані технології, їх перспективність з точки зору енергетичної ефективності порівняно із застосовуваними. В той же час цей показник не замінює, а доповнює оцінку по іншим показникам, наприклад, затратам праці, економічній ефективності та ін.

Для визначення сукупних затрат енергії на вирощування і збирання сільськогосподарських культур використовують технологічні карти. За технологічною картою встановлюють повний перелік робіт при вирощуванні і збиранні сільськогосподарської культури, якісні показники (глибина обробітку, норма висіву насіння, норма внесення добрив), склад агрегату, його продуктивність і втрата палива.

9.2 Обґрунтування паливно- енергетичних показників на виконання механізованих процесів

9.2.1 Визначення повних енергозатрат на механізовану операцію:

Сукупні або повні енергозатрати на механізовану операцію агрегатом у складі трактора і с.- г. машини визначаємо за формулою:

$$E_{\text{тп}} = E_{\text{п}} + E_{\text{ж}} + E_{\text{тм}}, \quad \frac{\text{МДж}}{\text{га}} \quad \frac{\text{МДж}}{\text{га}} \quad \frac{\text{МДж}}{\text{га}} \quad (9.1)$$

Де $E_{\text{п}}$ – прямі затрати енергії, $\frac{\text{МДж}}{\text{га}}$ $\frac{\text{МДж}}{\text{га}}$

$E_{\text{ж}}$ – енергозатрати живої праці, $\frac{\text{МДж}}{\text{га}}$ $\frac{\text{МДж}}{\text{га}}$

$E_{\text{тм}}$ – енергоємність трактора і с/г машини, $\frac{\text{МДж}}{\text{га}}$ $\frac{\text{МДж}}{\text{га}}$.

1. Прямі затрати енергії визначаємо за формулою:

$$E_{\text{п}} = H_{\text{т}} * \alpha_{\text{т}}, \quad \frac{\text{МДж}}{\text{га}} \quad \frac{\text{МДж}}{\text{га}}$$

(9.2)

де $H_{\text{т}}$ – витрати палива, кг/га

α_T – тепловміст палива, $\frac{\text{МДж}}{\text{га}}$ [9].

2. Затрати енергії живої праці визначаємо за формулою:

$$E_{\text{ж}} = \frac{n_o * \alpha_o + n_d * \alpha_d}{W_{\text{год}}} \cdot \frac{\text{МДж}}{\text{га}}, \quad (9.3)$$

де n_o, n_d – число основних і додаткових робітників,

α_o, α_d – відповідні енергетичні еквіваленти затрат живої праці, $\frac{\text{МДж}}{\text{га}}$ [9]

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

3. Питому енергоємність трактора і сільськогосподарської машини визначаємо за формулою:

$$E_{\text{ТМ}} = \frac{E_{\text{т}} + E_{\text{м}}}{W_{\text{год}}} \cdot \frac{\text{МДж}}{\text{га}}, \quad (9.4)$$

де $E_{\text{Т}}$ – питома енергоємність трактора, $\frac{\text{МДж}}{\text{га}}$

$E_{\text{М}}$ – питома енергоємність сільськогосподарської машини, $\frac{\text{МДж}}{\text{га}}$

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

Звідси,

$$E_{\text{Т}} = \frac{M_{\text{т}} * \alpha_{\text{т}} * \alpha_{\text{т,то пр}}}{100 * \Gamma_{\text{ТН}}} \cdot \frac{\text{МДж}}{\text{га}}, \quad (9.5)$$

де $M_{\text{Т}}$ – маса трактора, кг [2]

$\alpha_{\text{Т}}$ - енергетичний еквівалент трактора, МДж [9]

$\alpha_{\text{т,то пр}}$ - відрахування на технічне обслуговування і поточний ремонт трактора, % [2]

$\Gamma_{\text{ТН}}$ – нормативне річне завантаження трактора, год [2].

Звідси,

$$E_{\text{М}} = \frac{M_{\text{м}} * \alpha_{\text{м}} * \alpha_{\text{м,тр пр}}}{100 \Gamma_{\text{МН}}} \cdot \frac{\text{МДж}}{\text{га}}, \quad (9.6)$$

де M_m – маса сільськогосподарської машини, кг [2]

α_m α_m – енергетичний еквівалент сільськогосподарської машини, $\frac{МДж}{га}$ $\frac{МДж}{га}$ [9]

$\alpha_{m_{тр пр}}$ $\alpha_{m_{тр пр}}$ - відрахування на технічне обслуговування і поточний ремонт сільськогосподарської машини, % [2]

$T_{мн}$ – нормативне річне завантаження сільськогосподарської машини, год [2].

Аналогічно до проведення розрахунку проводимо розрахунок інших агрегатів для виконання даної операції. Результати обчислень заносимо в таблицю.

Таблиця 5

Енергетичні показники агрегатів на виконання операції

Склад агрегату	Повні енергозатрати, $\frac{МДж}{га}$ $\frac{МДж}{га}$

Проводимо порівняння енергетичних показників агрегатів при виконанні заданої операції, і робимо висновок, який агрегат раціональніше було б застосувати, в якого найменша затрати енергії на 1 га робіт.

9.3 Приклади застосування вище поданої методики енергоефективних розрахунків

9.3.1 Визначення повних енергозатрат на лушення стерні

Сукупні або повні енергозатрати на лушення стерні агрегатом у складі трактора Т-150К і дискового луцильника ЛДГ-10А визначаємо за формулою:

$$E_{тп} = E_{п} + E_{ж} + E_{тм}, \quad \frac{МДж}{га} \quad \frac{МДж}{га} \quad (9.7)$$

де $E_{п}$ – прямі затрати енергії, $\frac{МДж}{га}$ $\frac{МДж}{га}$

$E_{ж}$ – енергозатрати живої праці, $\frac{МДж}{га}$ $\frac{МДж}{га}$

$E_{ТМ}$ – енергоємність трактора і с/г машини, $\frac{МДж}{га}$ $\frac{МДж}{га}$.

4. Прямі затрати енергії на лушення стерні визначаємо за формулою:

$$E_{п} = N_{Т} * \alpha_{Т}, \quad \frac{МДж}{га} \quad \frac{МДж}{га}$$

(9.8)

де $N_{Т}$ – витрати палива, $N_{Т} = 5.13$ кг/га

$\alpha_{Т}$ – тепловміст палива, $\alpha_{Т} = 42.7$ $\frac{МДж}{га}$ $\frac{МДж}{га}$ [9].

Отже,

$$E_{п} = 5,13 * 42,7 = 219,05 \quad \frac{МДж}{га} \quad \frac{МДж}{га} .$$

5. Затрати енергії живої праці на лушення стерні визначаємо за формулою:

$$E_{ж} = \frac{n_0 * \alpha_0 + n_d * \alpha_d}{W_{год}} \frac{n_0 * \alpha_0 + n_d * \alpha_d}{W_{год}}, \quad \frac{МДж}{га} \quad \frac{МДж}{га}$$

(9.9)

де n_0, n_d – число основних і додаткових робітників, $n_0 = 1$ $n_d = 0$ чол.

α_0, α_d – відповідні енергетичні еквіваленти затрат живої праці, $\alpha_0 = \alpha_d = 1.3$ $\frac{МДж}{га}$
 $\frac{МДж}{га}$ [9]

$W_{год}$ – годинна продуктивність агрегату, $W_{год} = 5,4$ га/год.

Отже,

$$E_{ж} = \frac{1 * 1,3 + 1 * 1,3}{5,4} \frac{1 * 1,3 + 1 * 1,3}{5,4} = 0,24 \quad \frac{МДж}{га} \quad \frac{МДж}{га} .$$

6. Питому енергоємність трактора і сільськогосподарської машини на лушення стерні визначаємо за формулою:

$$E_{ТМ} = \frac{E_{т} + E_{м}}{W_{год}} \frac{E_{т} + E_{м}}{W_{год}}, \quad \frac{МДж}{га} \quad \frac{МДж}{га}$$

(9.10)

де $E_{Т}$ – питома енергоємність трактора, $\frac{МДж}{га}$ $\frac{МДж}{га}$

E_M – питома енергоємність сільськогосподарської машини, $\frac{\text{МДж}}{\text{га}}$ $\frac{\text{МДж}}{\text{га}}$

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

Звідси,

$$E_T = \frac{\frac{M_T \cdot \alpha_T \cdot \alpha_{\text{т.то пр}}}{100 \cdot T_{\text{ТН}}}}{\frac{M_T \cdot \alpha_T \cdot \alpha_{\text{т.то пр}}}{100 \cdot T_{\text{ТН}}}}, \frac{\text{МДж}}{\text{га}} \frac{\text{МДж}}{\text{га}}$$

(9.11)

де M_T – маса трактора, $M_T = 7535$ кг [2],

α_T - енергетичний еквівалент трактора, $\alpha_T = 183.1$ МДж [9],

$\alpha_{\text{т.то пр}}$ $\alpha_{\text{т.то пр}}$ - відрахування на технічне обслуговування і поточний ремонт трактора $\alpha_{\text{т.то пр}} \alpha_{\text{т.то пр}} = 6\%$ [2],

$T_{\text{ТН}}$ – нормативне річне завантаження трактора $T_{\text{ТН}} = 1600$ год [2].

Звідси,

$$E_M = \frac{\frac{M_M \cdot \alpha_M \cdot \alpha_{\text{м.тр пр}}}{100 \cdot T_{\text{МН}}}}{\frac{M_M \cdot \alpha_M \cdot \alpha_{\text{м.тр пр}}}{100 \cdot T_{\text{МН}}}}, \frac{\text{МДж}}{\text{га}} \frac{\text{МДж}}{\text{га}}$$

(9.12)

де M_M – маса сільськогосподарської машини, $M_M = 2450$ кг [2],

$\alpha_M \alpha_M$ – енергетичний еквівалент сільськогосподарської машини, $\alpha_M \alpha_M = 196$ $\frac{\text{МДж}}{\text{га}}$ $\frac{\text{МДж}}{\text{га}}$ [9],

$\alpha_{\text{м.тр пр}}$ $\alpha_{\text{м.тр пр}}$ - відрахування на технічне обслуговування і поточний ремонт сільськогосподарської машини, $\alpha_{\text{м.тр пр}} \alpha_{\text{м.тр пр}} = 7\%$ [2],

$T_{\text{МН}}$ – нормативне річне завантаження сільськогосподарської машини,

$T_{\text{МН}} = 120$ год [2]

Отже,

$$E_T = \frac{\frac{7535 \cdot 183,1 \cdot 6}{100 \cdot 1600}}{\frac{7535 \cdot 183,1 \cdot 6}{100 \cdot 1600}} = 51,73 \frac{\text{МДж}}{\text{га}} \frac{\text{МДж}}{\text{га}}$$

$$E_M = \frac{\frac{2450 \cdot 196 \cdot 7}{100 \cdot 120}}{\frac{2450 \cdot 196 \cdot 7}{100 \cdot 120}} = 280,11 \frac{\text{МДж}}{\text{га}} \frac{\text{МДж}}{\text{га}}$$

$$E_{\text{ТМ}} = \frac{\frac{51,73 + 280,11}{5,4}}{\frac{51,73 + 280,11}{5,4}} = 61,45 \frac{\text{МДж}}{\text{га}} \frac{\text{МДж}}{\text{га}}$$

Таким чином, сукупні або повні енергозатрати технологічного процесу основного обробітку ґрунту становлять:

$$E_{\text{ТП}} = 219,05 + 0,24 + 61,45 = 280,74 \frac{\text{МДж}}{\text{га}}$$

Аналітично до проведення розрахунку проводимо розрахунок агрегатів для дискування стерні: ДТ-75 М+ ЛДГ-10А і МТЗ-82+ ЛДГ-5. Результати обчислень заносимо в таблицю 6.

Провівши порівняння енергетичних показників агрегатів на луценні стерні, можна зробити висновок, що раціональніше було б застосувати луцильний агрегат ДТ-75М+ЛДГ-10А, в якого найменша затрати енергії на 1 га робіт.

Енергетичні показники агрегатів на луценні стерні

Склад агрегату	Повні енергозатрати, $\frac{\text{МДж}}{\text{га}}$	
	$\frac{\text{МДж}}{\text{га}}$	$\frac{\text{МДж}}{\text{га}}$
Т-150К+ЛДГ-10А	280,74	
ДТ-75М+ ЛДГ-10А	242,31	
МТЗ-82+ ЛДГ-5	324,73	

9.3.2 Визначення повних енергозатрат на оранку

Сукупні або повні енергозатрати на оранку агрегатом у складі трактора Т-150К і плуга ПЛН-5-35 визначають за формулою 9,1.

Прямі затрати енергії на оранку становлять:

$$E_{\text{п}} = 18,02 * 40,7 = 769,45 \frac{\text{МДж}}{\text{га}}$$

Затрати енергії живої праці на оранку становлять:

$$E_{\text{ж}} = \frac{1 * 1,3}{1,45} \frac{1 * 1,3}{1,45} = 0,89 \frac{\text{МДж}}{\text{га}}$$

Питома енергоємність трактора і сільськогосподарської машини на оранку становить:

$$E_{\text{Т}} = \frac{7885 * 107,9 * 6}{100 * 1350} \frac{7885 * 107,9 * 6}{100 * 1350} = 37,81 \frac{\text{МДж}}{\text{га}}$$

$$E_{\text{М}} = \frac{1230 * 75 * 20}{100 * 240} \frac{1230 * 75 * 20}{100 * 240} = 76,87 \frac{\text{МДж}}{\text{га}}$$

$$E_{\text{ТМ}} = \frac{37,81 + 76,87}{1,45} \frac{37,81 + 76,87}{1,45} = 79,09 \frac{\text{МДж}}{\text{га}}$$

Таким чином, сукупні або повні енергозатрати на оранку становлять:

$$E_{\text{ТП}} = 769,45 + 0,89 + 79,09 = 849,43 \frac{\text{МДж}}{\text{га}}$$

Аналогічно до проведеного розрахунку проводимо розрахунок орних агрегатів: ДТ-75+ПЛН-4-35 і МТЗ-80+ПЛН-3-35. Результати обчислень заносимо в таблицю 7.

Енергетичні показники орних агрегатів

Склад агрегату	Повні енергозатрати	
	$\frac{\text{МДж}}{\text{га}}$	$\frac{\text{МДж}}{\text{га}}$
Т-150К+ПЛН-5-35	849,43	
ДТ-75+ПЛН-4-35	739,68	
МТЗ-80+ПЛН-3-35	899,6	

Провівши порівняння енергетичних показників агрегатів, можна зробити висновок, що для оранки раціональніше було б застосувати орний агрегат ДТ-75+ПЛН-4,35, в якого найменша затрати енергії на 1 га робіт.

9.3.3 Визначення повних енергозатрат на передпосівний обробіток ґрунту

Сукупні або повні енергозатрати на передпосівний обробіток ґрунту агрегатом у складі трактора Т-150К і трьох культиваторів КПС-4 визначають за формулою 9.1.

Прямі затрати енергії на передпосівний обробіток ґрунту становлять:

$$E_{\text{П}} = 3,12 \cdot 42,7 = 133,2 \frac{\text{МДж}}{\text{га}}$$

Затрати енергії живої на передпосівний обробіток становлять:

$$E_{\text{Ж}} = \frac{1 \cdot 1,3}{8,01} \cdot \frac{1 \cdot 1,3}{8,01} = 0,16 \frac{\text{МДж}}{\text{га}}$$

Питома енергоємність трактора і сільськогосподарської машини і на передпосівний обробіток ґрунту становлять:

$$E_{\text{Т}} = \frac{7885 \cdot 107,9 \cdot 6}{100 \cdot 1350} = 37,81 \frac{\text{МДж}}{\text{га}}$$

$$E_{\text{М}} = \frac{969 \cdot 62 \cdot 16}{100 \cdot 352} = 27,46 \frac{\text{МДж}}{\text{га}}$$

$$E_{\text{ТМ}} = \frac{37,81 + 27,46}{8,01} = 8,14 \frac{\text{МДж}}{\text{га}}$$

Таким чином, сукупні або повні енергозатрати технологічного процесу передпосівного обробітку ґрунту становлять:

$$E_{\text{ТН}} = 133,2 + 0,16 + 8,14 = 141,5 \frac{\text{МДж}}{\text{га}}$$

Аналогічно до проведення розрахунку проводимо розрахунок культивацийних агрегатів: Т-150К+КПШ-8 і МТЗ-81+КПС-4. Результати обчислень заносимо в таблицю 8.

Таблиця 8

Енергетичні показники агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту

Склад агрегату	Повні енергозатрати, $\frac{\text{МДж}}{\text{га}}$	
	$\frac{\text{МДж}}{\text{га}}$	$\frac{\text{МДж}}{\text{га}}$
Т-150К+КПШ-8	196,4	
Т-150К+СП-11+3КПС-4	141,5	
МТЗ-82+КПС-4	216,9	

Провівши порівняння енергетичних показників для передпосівного обробітку ґрунту, можна зробити висновок, що раціональніше застосувати агрегат Т-150К+СП-11+3КПС-4, в якого найменша затрати енергії на 1 га робіт.

ДОДАТКИ

Додаток А

Енергетичні еквіваленти

Сільськогосподарські машини і знаряддя, професії робітників	На 1 кг маси за 1 год або за 1 люд.-год	
	МДж	ккал
1	2	3
1.Основні засоби виробництва		
Трактори та самохідні шасі	0,0243	5,804
Автомобілі вантажні	0,0143	3,415
Причепи та напівпричепи	0,0263	6,281
Навантажувачі: на базі тракторів	0,048	11,464
на базі автомобілів	0,046	10,986
з електродвигуном	0,211	50,394
Плуги та глибоко розпушувачі – плоско різні, машини для нарізання борозен	0,036	8,598
Луцильники та дискові борони, зчіпки	0,080	19,107
Знаряддя для поверхневого розпушення та прикочування ґрунту, снігоорачі	0,102	24,361
Культиватори для суцільного і міжрядного обробітку ґрунту	0,051	12,181
Машини для внесення: мінеральних добрив на базі тракторів, подрібнювачів добрив	0,071	16,957
Твердих органічних добрив	0,058	13,852
Рідких добрив	0,032	7,643
Обприскувачі тракторні	0,246	58,753
Обпилювачі тракторні	0,210	50,155
Сівалки всіх типів	0,107	25,555

1	2	3
Комбіновані машини	0,094	22,450
Жатки валкові, підбирачі	0,211	50,394
Комбайни зернові	0,151	36,064
Комбайни кукурудзо – та силосозбиральні	0,124	29,616
Зерноочисні та сушильні агрегати	0,148	35,348
Машини для збирання соломи	0,120	26,660
Косарки-плющилки, скиртоукладачі, скирторізи	0,094	22,450
Граблі волокуші	0,109	26,033
Підбирачі сіна, соломи, силосо-копицевози	0,177	42,274
Машини та обладнання для досушування сіна	0,143	34,153
Машини для збирання льону, конопель, кенафу	0,260	62,097
Бавовнозбиральні машини	0,138	32,959
Комбайни бурякозбиральні	0,098	23,406
Буряконавантажувачі та гичкозбиральні машини	0,109	26,033
Бурякозбиральні машини	0,200	47,676
Картоплесаджалки, картоплекопачі, картоплесортувачі, та транспортери – підбирач	0,194	46,334
Комбайни картоплезбиральні	0,158	37,736
Розсадосадильні машини	0,119	28,421
Машини для вирощування та збирання тютюну (махорки) та чайних насаджень	0,112	26,750
Дощувальні машини:		
Самохідні	0,033	7,882
Далекострумні	0,042	10,031
Насосні станції	0,038	9,076
Електротехнічне обладнання, електродвигуни	0,211	50,394
Тяглова худоба	0,020	4,777
Сільськогосподарська авіація	3500	835921
1	2	3

2.Трудові ресурси		
Трактористи-машиністи, комбайнери	60,8	14521,1
Водії автомобілів	60,3	14401,7
Електромонтери, оператори	61,2	14616,7
Польові та інші робітники (ручна праця)	33,3	7953,2

Додаток Б

Енергетичні еквіваленти на оборотні засоби виробництва

Оборотні засоби	Одиниця виміру	МДж	ккал
1.Енергетичні ресурси (виробничі затрати)			
Бензин	1 кг	54,4	13000
Бензин	1 л	42,3	10100
Дизельне паливо	1 кг	52,8	12600
Дизельне паливо	1 л	47,7	11400
Вугілля	1 кг	32,6	7800
Природний газ	1 м ³	49,4	11810
Дрова	1 кг	19,6	4700
Електроенергія	1 кВт-год	12,0	2860
2.Мінеральні добрива			
Азотні	1 кгд.р	86,8	20730,8
Фосфорні	1 кгд.р	12,6	3009,3
Калійні	1 кгд.р	8,3	1982,3
Комплексні	1 кгд.р	51,5	12300,0
3.Місцеві добрива			
Гній (80% вологості)	1 кг	0,42	100,3
Торфоперегнійні компости (60% вологості)	1 кг	1,70	406,0
Вапняні матеріали	1 кг	3,80	907,6

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Борхаленко Ю.О. Методичні рекомендації щодо виконання дипломного проекту з спеціальності “Механізація сільського господарства” – К: НМЦ Мінагрополітики, 2006.
2. Броварець О.В. Методичні вказівки з курсового проектування для студентів ВНЗ 1-2 рівні акредитації і спеціальності “Механізація сільського господарства” -К: НМЦ Мінагрополітики, 2000.
3. Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та інші Сільськогосподарські та меліоративні машини / за ред. Д.Г.Войтюка. – К: Вища школа, 2004.-544с.
4. Вітвицький В.В., Демчук І.М., Пивовар В.С. та ін. Типові норми продуктивності машин і витрати палива на сівбі, садіння та догляді за посівами –К: НДІ “Укראгропромпродуктивність” 2005.-544с.
5. Вітвицький В.В., Демчук І.М., Пивовар В.С. та ін. Типові норми продуктивності машин і витрати палива на збирання сільськогосподарських культур –К: НДІ “Укראгропромпродуктивність” 2005.-544с.
6. Гарькавий А.Д., Серета Л.П., Кондратюк. Машиновикористання у рослинництві: навч.посібн.-Вінниця. ВДАУ, 2007.-48с.
7. Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. Машиновикористання та екологія довкілля: підручник / за ред. А.Ф. Головчука-К:Грамота, 2007. – 360с.:іл.-Бібліогр.:с.354.
8. Лімонт А.С., Мельник І.І., Малиновський А.С. та ін. Практикум із машиновикористання у рослинництві.-К:Кондр, 2004-278с.
9. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві.-К:Урожай,2008.-208с.
10. Ружицький М.А., Рябець В.І. та ін. Експлуатація машин і обладнання.-К.: Аграрнаосвіта, 2011.-617с.
11. Технологічні карти та витрати палива на вирощування сільськогосподарських культур з різним ресурсним забезпеченням / за ред. А.І. Лазуренка, Г.Є. Мезнева-Харків:ХНТУСГ.-2006.-725с.

12. Типові норми продуктивності машин і витрата палива на передпосівному обробітку ґрунту.-К:НДІ ”Украгропромпродуктивність”, 2005.-672с.

13. Харченко О.В. Ресурсне забезпечення та шляхи оптимізації умов вирощування сільськогосподарських культур у лісостепу України. Монографія.-Суми:ВТД “Університетська книга”, 2005-342с.