

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва

Кафедра землеробства ім. О.М. Можейка

Розглянуто і схвалено
Вченою радою агрономічного факультету
(протокол №1 від 30 серпня 2019 р.)

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ У ЗЕМЛЕРОБСТВІ

Методичні рекомендації

Харків – 2019

Укладач: доктор с.-г. наук, доцент Шевченко Микола Вікторович

Рецензенти: доктор с.-г. наук, професор Рожков А.О.; доктор с.-г. наук, старший науковий співробітник Леонов О.Ю.

Призначено для науковців, виробничників, викладачів, аспірантів та студентів вищих навчальних закладів спеціальності 201 «Агрономія»

© Шевченко М.В. 2019 р.

ЗМІСТ

Передмова.....	4
1. Зміст дисципліни «Методологічні основи енергетичного аналізу в землеробстві».....	6
2. Основи енергетичного аналізу в землеробстві.....	13
3. Рекомендована література.....	31

ПЕРЕДМОВА

В сучасному аграрному виробництві відбувається формування нових господарських і економічних відносин, що спричиняє появу різних за величиною та обсягом виробництва господарств. У свою чергу, на думку провідних фахівців, у світовій практиці відбувається постійне збільшення частки енергетичних витрат на виробництво продукції харчування. Порівняно з промисловістю, де постійно відбувається модернізація засобів виробництва на основі автоматизації і комп'ютерного забезпечення, сільське господарство все ще залишається енерговитратним через використання надпотужної техніки. Протікаючи на величезній території (понад мільярд гектарів), та використовуючи значно більше, ніж у інших галузях, видів техніки з використанням двигунів внутрішнього згорання, аграрне виробництво не тільки залежить від сучасних видів енергоносіїв природного походження, але й призводить до забруднення навколишнього середовища. Останнім часом все частіше лунають висновки про перевищений вплив сільського господарства на зміни клімату, який обліковується на рівні 20% і більше у структурі загального впливу світового господарства.

Проблеми екологічного забруднення внаслідок сільськогосподарського виробництва поглиблюються внаслідок широкого використання синтетичних засобів та природних мінералів у переробленому вигляді для підвищення продуктивності виробництва. Добування, транспортування та переробка останніх, в свою чергу, потребують достатньо високих енергетичних витрат, що підсилює проблему енергетичної залежності сільського господарства.

Останнім часом значна частина продукції сільськогосподарського виробництва активно використовується для виробництва енергетичних ресурсів (рідкого та твердого палива та ін.). Однак, враховуючи стрімке зростання чисельності населення планети і обмеженість орнопридатних земель, така форма компенсації витрат енергії є негуманною і антиекологічною.

Виходячи з існуючих проблем енергонасичення та шкідливості власне виробництва продовольства і сировини, актуальним питанням є оптимізація

енергетичних витрат та модернізація технологічних процесів під час вирощування сільськогосподарських культур.

Представлені методичні рекомендації мають за мету озброїти учасників сільськогосподарського виробництва методикою обчислювання витрат і аналізування енергетичних потоків під час виконання технологічних процесів у землеробстві. Матеріали цього видання не претендують на повноту аналізу та обліку всіх витрат з урахуванням екологічних факторів (грунтових, атмосферних та ін.). Однак на прикладі енергетичного аналізу виробничих процесів, можливо здійснити загальну екологічну оцінку діяльності людини під час вирішення продовольчої проблеми.

Системний аналіз енергетичних витрат і ефективності потребує подальшого удосконалення і постійного коригування, тому матеріали цих рекомендацій можуть бути корисними для науковців, виробників та здобувачів різних рівнів кваліфікації аграрного, економічного та екологічного напрямів.

1. ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ «МЕТОДОЛІЧНІ ОСНОВИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АНАЛІЗУ В ЗЕМЛЕРОБСТВІ»

Дисципліна „Методологічні основи енергетичного аналізу у землеробстві” є вибірковою дисципліною професійного спрямування для аспірантів спеціальності 201 «Агрономія», метою якої є оволодіння методами та технікою енергетичного аналізування окремих прийомів та всього технологічного процесу при вирощуванні сільськогосподарських культур з урахуванням посиленого контролювання енергетичних ресурсів, рівня родючості ґрунтів та стану навколишнього середовища.

Об’єктом початкової дисципліни є вивчення методології та практики оцінювання виробничих витрат, виробленої продукції та ефективності сільськогосподарського виробництва в цілому.

Предмет дисципліни: енергетичні еквіваленти, зміст та структура витрат, надходження та резерви експоненціальної енергії, показники ефективності виробництва, технології та технологічні прийоми вирощування сільськогосподарських культур.

Завдання вивчення дисципліни.

Завданням дисципліни є формування у молодих науковців теоретичних знань і практичних навичок оцінювання та контролювання енергетичних потоків, пов’язаних із виробництвом в галузі землеробства, окремих елементів технології, що є предметами наукових досліджень, а також удосконалення процесів збереження та відтворення родючості ґрунтів, підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва.

Вимоги щодо знань і вмінь, набутих внаслідок вивчення дисципліни.

Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач:

1. Здатність розв’язувати комплексні проблеми в галузі аграрних наук та продовольства, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних наукових знань та / або професійної практики.

2. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

3. Здатність до співпраці в рамках міжрегіональних, республіканських та міжнародних проектів.

4. Здатність генерувати нові науково-теоретичні та практично спрямовані ідеї (креативність).

5. Здатність розробляти проекти та управляти ними.

6. Комплексність у розробці та реалізації наукових проектів та програм.

7. Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.

8. Здатність проводити критичний аналіз різних джерел надходження енергії в землеробстві та її використання в сільськогосподарському виробництві.

9. Здатність проектувати адаптивні до природних умов заходи регулювання родючості з використанням альтернативних джерел енергії, заощадливого використання природних копалин та навколишнього середовища.

Програмні результати навчання

Здобувач ступеня доктора філософії повинен:

1. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, обробки та аналізу енергетичного балансу в землеробстві.

2. Реалізовувати практичні аспекти енергетичного аналізу в науково-дослідній роботі при обробці результатів досліджень.

3. Мати знання з концептуальних, теоретичних і методологічних основ енергетичного аналізу в землеробстві.

4. Оцінювати рівень використання природних ресурсів та техногенної енергії в землеробстві з метою регулювання ефективності виробництва.

5. Застосовувати сучасні способи і методи планування та організації сільськогосподарського виробництва на основі екологічно спрямованих, адаптивних технологій вирощування культур.

Програмою дисципліни передбачається вивчення двох змістових модулів загальним обсягом чотири кредити (120 год), з яких 20 год лекцій, 20 год практичних занять і 80 год самостійної роботи. Загалом дисципліна складається із двох змістових модулів.

Змістовий модуль 1. Енергія як основа виробництва та життєдіяльності.

Тема 1. Вступ. Походження та види енергії. Поновлювана та не поновлювана енергія. Джерела енергії природні, штучні. Резерви енергії в природі. Взаємозв'язок джерел енергії та агроценозу.

Тема 2. Використання та економія енергії. Використання природної енергії в землеробстві. Техногенна енергія та її вклад в аграрне виробництво. Енергія копалин як основне джерело сільськогосподарського виробництва. Завдання землеробства з раціонального використання енергії.

Тема 3. Класифікація технологій вирощування та використання енергії. Види технологій за ступенем інтенсивності. Зміст та завдання інтенсивних технологій. Ресурсозберігаючі технології та їх роль в економічному значенні. Екологічне значення адаптивних технологій.

Змістовий модуль 2. Енергетична оцінка та ефективність аграрного виробництва.

Тема 1. Структура енерговитрат в сільськогосподарському виробництві. Види витрат в сільськогосподарському виробництві. Технологічна карта на вирощування сільськогосподарських культур. Методика обліку витрат у фізичних, грошових та енергетичних еквівалентах.

Тема 2. Енергетичний вміст продукції. Види продукції та її склад. Вплив зовнішніх і технологічних факторів на якісний склад продукції. Побічна продукції, її хімічний склад, можливості для використання. Методика обліку продуктивності у фізичних, зернових та енергетичних одиницях. Кормова та харчова цінність продукції.

Тема 3. Методика обліку енергетичної ефективності. Складові частини енергетичного аналізування. Порівняльні показники ефективності виробництва. Біоенергетична ефективність.

Тема 4. Методи енергозбереження в землеробстві. Енергозбереження в землеробстві як основний напрям раціонального використання земель. Збалансування процесу надходження і витрат енергії. Скорочення витрат, методи, прийоми, заходи, напрями. Ефективність енергозберігаючих прийомів у землеробстві.

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Змістовий модуль 1. Енергія як основа виробництва та життєдіяльності						
Тема 1. Вступ. Походження та види енергії	8	2	-			6
Тема 2. Використання та економія енергії	14	2	2			10
Тема 3. Класифікація технологій вирощування та використання енергії	22	4	4			14
Разом за змістовим модулем 1	44	8	6			30
Змістовий модуль 2. Енергетична оцінка та ефективність аграрного виробництва						
Тема 1. Структура енерговитрат в сільськогосподарському виробництві	26	4	6			16
Тема 2. Енергетичний вміст продукції	12	2	2			8

Тема 3. Методика обліку енергетичної ефективності	12	2	2			8
Тема 4. Методи енергозбереження в землеробстві	26	4	4			18
Разом за змістовим модулем 2	76	12	14			50
Усього годин	120	20	20			80

Теми семінарських занять

N з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Складання технології вирощування культури за різними технологіями	2
2	Класифікація та зміст технологій вирощування	2
3	Методи ресурсозбереження в землеробстві	2
	Разом	6

Теми практичних занять

N з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Походження, види та використання енергії в землеробстві	2
2	Складання технологічної карти та структури витрат культури	6
3	Оцінка виходу продукції та енергетичного вмісту	2
4	Визначення показників ефективності виробництва	2
5	Оцінка заходів енергозбереження технологій	2

	Разом	14
--	-------	----

Самостійна робота

N з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	<u>Походження та види енергії.</u> Поновлювана та не поновлювана енергія. Джерела енергії природні, штучні. Резерви енергії в природі. Взаємозв'язок джерел енергії та агроценозу.	6
1	2	3
2	<u>Використання та економія енергії.</u> Використання природної енергії в землеробстві. Техногенна енергія та її вклад в аграрне виробництво. Енергія копалин як основне джерело сільськогосподарського виробництва. Завдання землеробства з раціонального використання енергії.	10
3	<u>Класифікація технологій вирощування та використання енергії.</u> Види технологій за ступенем інтенсивності. Зміст та завдання інтенсивних технологій. Ресурсозберігаючі технології та їх роль в економічному значенні. Екологічне значення адаптивних технологій.	14
4	<u>Структура енерговитрат в сільськогосподарському виробництві.</u> Види витрат в сільськогосподарському виробництві. Технологічна карта на вирощування сільськогосподарських культур. Методика обліку витрат у фізичних, грошових та енергетичних еквівалентах.	16
5	<u>Енергетичний вміст продукції.</u> Види продукції та її склад. Вплив зовнішніх і технологічних факторів на якісний	8

	склад продукції. Побічна продукції, її хімічний склад, можливості для використання. Методика обліку продуктивності у фізичних, зернових та енергетичних одиницях. Кормова та харчова цінність продукції.	
6	<u>Енергетичний вміст продукції.</u> Види продукції та її склад. Вплив зовнішніх і технологічних факторів на якісний склад продукції. Побічна продукції, її хімічний склад, можливості для використання. Методика обліку продуктивності у фізичних, зернових та енергетичних одиницях. Кормова та харчова цінність продукції.	8
1	2	3
7	<u>Методи енергозбереження в землеробстві.</u> Енергозбереження в землеробстві як основний напрям раціонального використання земель. Збалансування процесу надходження і витрат енергії. Скорочення витрат, методи, прийоми, заходи, напрями. Ефективність енергозберігаючих прийомів у землеробстві.	18
	Разом	80

Програмою підготовки за дисципліною передбачено проведення співбесід на семінарських заняттях, контрольних завдань і розрахунків за матеріалами, що висвітлюються в лекціях, практичних заняттях, наукових публікаціях, конференціях, нарадах, семінарах різних рівнів, а також здобуваються аспірантами самостійно. Рекомендується вивчення окремих питань шляхом оцінки результатів наукових досліджень та висвітлювання їх результатів у звітах та наукових публікаціях.

В процесі навчання проводяться поточні та підсумкові методи контролю у вигляді семінарських занять, контрольних індивідуальних завдань, тестів та наукових публікацій, які оцінюються з урахуванням складності їх виконання та

рейтингової значимості в межах кожного модулю. Загальне оцінювання знань по кожному змістовому модулю проводиться у вигляді сумарного значення всіх атестацій із максимальною оцінкою 100 балів. Підсумковою атестацією є середній бал змістових модулів 1 і 2.

2. ОСНОВИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АНАЛІЗУ В ЗЕМЛЕРОБСТВІ

Основним завданням енергетичного аналізу є вивчення, кількісна оцінка, оптимізація потоків енергії та управління ними в агроекосистемах з метою створення умов, які забезпечують максимальне використання енергії для досягнення поступового росту продуктивності сільськогосподарського виробництва, збереження, відтворення та підвищення родючості ґрунтів, охорону навколишнього середовища від руйнування та забруднення, скорочення витрат енергії та природних ресурсів, підвищення ефективності виробництва.

Енергетична ефективність виробництва вважається основним поняттям цього аналізу в землеробстві. Її кількісним вираженням є відношення енергії, акумульованої за рахунок фотосинтезу, до сумарних витрат енергії на виробництво.

При аналізі енерговитрат у землеробстві доцільно скласти технологічні карти на вирощування сільськогосподарських культур, де відображають витрати на проведення всіх технологічних операцій у натуральному вираженні. За таким способом зручно оцінити відносний вклад кожної операції та визначити найбільш енергоємну.

Витрати техногенної енергії в землеробстві діляться на **прямі** і **непрямі**. До **прямих**, які пов'язані з безпосереднім виконанням робіт, належать витрати рідких енергоносіїв (бензину, дизельного пального) тракторами, комбайнами, автомобілями, самохідними та стаціонарними машинами; електроенергії для приводу машин, а також витрати інших енергоносіїв (вугілля, газу, нафти, торфу, рослинних решток, біогазу та ін.).

До **непрямих** витрат належить поступове або повне відрахування (амортизація) енергії, яку витрачено на виробництво, зберігання і транспортування сільськогосподарських машин та знарядь, мінеральних макро- та мікродобрих, вапна, гіпсу, пестицидів, біологічно активних речовин і інших засобів хімізації, будматеріалів для іригаційних споруджень, сушилок, складів, побутових приміщень та інше. До цього виду витрат входить і енергія,

необхідна для добування, переробки і транспортування самих енергоносіїв – нафти, вугілля, газу та інше.

Енергоемність технологій вирощування сільськогосподарських культур при відомих витратах у речовому вираженні визначається на основі енергетичних еквівалентів кожного виду витрат. Енергетичний еквівалент прямих витрат складається із суми двох частин: калорійності, тобто енергії, яка виділяється при згоранні одиниці маси чи об'єму енергоносія, та енергії, яку витрачено на добування, переробку і транспортування цієї одиниці маси чи об'єму. Енергетичним еквівалентом непрямих витрат є величина, яку отримано шляхом додавання використаних енергоресурсів на кожному етапі виробництва, зберігання, транспортування одиниць кожного виду витрат.

Спостерігається безперервне зростання енерговитрат на добування кожної тони органічних видів пального. Тому **значення енергетичних еквівалентів необхідно постійно уточнювати**. Енергетичні еквіваленти можна відображати в калоріях або джоулях, при цьому слід вважати, що 1 Дж містить 0,24 кал, $1 \text{ кал} = 4,19 \text{ Дж}$.

Для оцінки ефективності енергоспоживання в процесі сільськогосподарського виробництва необхідно порівняти величину енергетичних витрат з результатом (виходом продукції) в його кількісному вимірі. Традиційно в енергетичному аналізі процесів землеробства кількісним вираженням отриманої продукції є її **енергетичний вміст**. Інколи для цього використовується теплота згорання продукту, що є невиправданим, оскільки не вся біохімічна енергія, яка міститься в біомасі, засвоюється організмом. Тому в ролі енергетичної характеристики сільськогосподарської продукції слід застосовувати її енергетичну цінність.

Енергетичною цінністю називається та доля сумарної енергії, вміщеної в продуктах харчування, яка може вивільнитися з харчових речовин у процесі біологічного окислення і використовуватися для забезпечення фізіологічних функцій організму.

У процесі розрахунків енерговитрат на вирощування сільськогосподарських культур сумарна кількість енергії (E) визначається за формулою:

$$E = \sum_{i=1}^M \left(\sum_{j=1}^{N_i} X_{ij} \times e_j \right) = \sum_{i=1}^M E_i$$

де M – число технологічних операцій;

N_i – число видів енерговитрат у межах кожної технологічної операції;

X_{ij} – натуральне вираження j-того виду витрат при виконанні i-тої операції;

e_j – енергетичний еквівалент j-того виду витрат;

E_i – енерговитрати при проведенні i-тої технологічної операції.

Значення витрат у натуральному вираженні (X_{ij}) дістають з технологічних карт, енергетичні еквіваленти (e_j) – з відомих літературних джерел, посібників, методичних рекомендацій та вказівок (табл. 2.1, 2.2). Наприклад, при вирощуванні гороху для виконання технологічної операції E_4 "оранка на 23 – 25 см" здійснюється два види прямих і два - непрямих витрат. До прямих належать витрати пального ($X_{41} = 19,5$ л/га дизельного пального) та витрати праці (X_{42}), до непрямих - час роботи трактора (X_{43}) та час роботи сільськогосподарської машини (X_{44}). Норма виробітку при оранці трактором Т-150 з плугом ПЛН-4-35 за 7 год. становить 5 га. Тому час роботи механізатора, трактора та плуга становить:

$$X_{42} = X_{43} = X_{44} = 1,4 \text{ год./га.}$$

Енергетичні витрати на виконання розглянутої технологічної операції розраховуються таким чином:

$$E_4 = X_{41} \times e_1 + X_{42} \times e_2 + X_{43} \times e_3 + X_{44} \times e_4 = 19,5 \text{ л/га} \times 11400 \text{ ккал/л} + 1,4 \text{ люд.-год.} \times 450 \text{ ккал/год.} + 1,4 \text{ год.} \times 31800 \text{ ккал/год.} + 1,4 \times 6400 \text{ ккал/год.} = 276410 \text{ ккал.}$$

2.1. Енергетичні еквіваленти сільськогосподарської продукції, трудових та виробничих витрат

Вид продукції чи витрат	Одиниці виміру	Енергетичний еквівалент, ккал	Вид продукції чи витрат	Одиниці виміру	Енергетичний еквівалент, ккал
1	2	3	4	5	6
Зерно			Гербіциди (100% активного інгредієнта)		
Пшениця м'яка	1 кг	3330	Змочуваний порошок	1 кг	63000
Пшениця тверда	“	3400	Гранули	«-»	86900
Жито	“	3360	Інсектициди (100% активного інгредієнта)		
Овес	“	3000	Змочуваний порошок	1 кг	85500
Ячмінь	“	3350	Гранули, дуст	«-»	74500
Кукурудза	“	3550	Фунгіциди (100% активного інгредієнта)		
Горох	“	3290	Змочуваний порошок	«-»	27800
Соя	“	4030	Гранули, дуст	«-»	51800
Сорго	“	3230	Регулятори росту (100% активного інгредієнта)	«-»	235000
Коренеплоди			Перевезення:		
Цукровий буряк	1 кг	400	Автомобілем	1 ткм	1140
Картопля	“	830	Трактором	«-»	1370
Кормові	“	385	Тягач із причепом	«-»	685
Кукурудза, зелена маса	“	390	Витрати людської праці		

Продовження табл.2.1

1	2	3	4	5	6
Кукурудза, силос (суха речовина)	“	3090	Робота дуже легка	1хв	2,5
Люцерна (15 % вологості)	“	2130	Легка	“	3,5
Сіно лучне	“	3450	Середня	“	5,0
Витрати на виробництво			Важка	“	7,5
Електроенергія	1 кВт/год.	2860	Дуже важка	“	10,0
Бензин	1л	10100	Витрати на посівний матеріал		
Дизельне пальне	1л	11400	Озима та яра пшениця, ячмінь	1кг	3000
Мінеральні добрива (100 % з. р.)			Овес	“	4000
Азот	1кг	19100	Кукурудза	“	25000
Фосфор	“	3300	Соя, горох	“	8000
Калій	“	2100	Цукровий буряк	“	13000
Комплексні	“	12300	Сорго	“	14000
			Картопля	“	600
			Люцерна	“	62000

2.2. Енергетичні еквіваленти непрямих витрат при використанні сільськогосподарської техніки, ккал/год.

Сільськогосподарська техніка	Енергетичний еквівалент	Сільськогосподарська техніка	Енергетичний еквівалент
1	2	3	4
Трактори		Грунтообробні знаряддя	
T-150K	31000	БД-10	86700
T-150	31800	КПГ-2-150	23200
K-700	46500	КПГ-2,2	60200
MT3-82	12400	КПГ-250	13400
MT3-50	10700	КПШ-5	14100
ЮМЗ-6Л	12400	КПШ-9	34400
T-70C	28400	КПЕ-3,8	18100
ДТ-75М	31000	БИГ-3А	16700
T-25А	8800	КПС-4	15000
T-16М	7900		
Комбайни самохідні			
КСКУ-6	405500	КРН-4,2	11000
СК-5 “Нива”	214700	КРН-5,6	16500
СК-6 “Колос”	261500	УСМК-5,4	20300
КС-6	170800	БЗСС-1,0	1200
РКС-6	98400	БЗТС-1,0	1400
КСК-100	398600	ЗККШ-6	59500
		СГ-21	19300
Причіпні комбайни, косилки, жатки		Сівалки	

Продовження табл.2.2

1	2	3	4
Херсонець ⁷	114000	СЗ-3,6	33900
БМ-6А	51400	СЗТ-3,6	43700
ККУ-2А	112000	СУПН-8	60900
ППК-4	67600	СПЧ-6М	38000
КИР-1,5Б	30800	ССТ-12А	72800
ЖРС-4,9А	59900	СЗС-2,1М	26300
ЖВН-6	54700		
ЖСК-4А	59900		
Ґрунтообробні знаряддя		Машини для внесення ядохімікатів, добрив, погрузчики	
ПЛН-5-35	7200	ПОУ	10500
ПЛН-4-35	6400	ЗЖВ-1,8	13400
ПЛН-3-35	4800	1РМГ-4	18400
ПТК-9-35	25300	РУМ-8	20300
ЛДГ-10	35300	ПРТ-10	50400
ЛДГ-15	54200	РОУ-5	25300
БДТ-7	81900	ПБ-35	6400
		ПЭ-0,8Б	12700

Аналогічно обчислюються енергетичні витрати на виконання інших технологічних операцій, пов'язаних з обробіткою ґрунту, транспортуванням та навантаженням матеріалів (лушення стерні, навантаження добрив, боронування, культивування, коткування та інше). При внесенні добрив, пестицидів, стимуляторів чи регуляторів росту рослин тощо, а також при посіві сільськогосподарських культур до вищевказаних додаються непрямі витрати на виробництво, транспортування та зберігання відповідних матеріалів.

Сумарні енергетичні витрати на вирощування культури (E) розраховуються шляхом додавання енерговитрат на всі технологічні операції, передбачені в технологічній карті:

$$E = E_1 + E_2 + \dots + E_m,$$

де m – кількість усіх технологічних операцій, проведених при вирощуванні даної культури.

При вирощуванні гороху розрахунки, проведені на основі типових технологічних карт, на фоні внесення $N_{20}P_{40}K_{30}$ і без використання пестицидів дають значення $E = 4223230$ ккал/га або $E = 4,22$ млн. ккал/га.

Значення енергоємності продукції в розрахунку на 1 га (E_p) отримують шляхом множення урожайності (y кг/га) на енергетичний коефіцієнт даної продукції (y ккал/кг). Енергетичний коефіцієнт для гороху становить 3290 ккал/кг. Величину E_p при урожайності 27,4 ц/га розраховують таким чином:

$$E_p = 2740 \text{ кг/га} \times 3290 \text{ ккал/кг} = 9014600 \text{ ккал/га} \approx 9,01 \text{ млн. ккал/га.}$$

При наявності точного біохімічного аналізу товарної частини урожаю величину енергетичного коефіцієнта можна розрахувати за вмістом в одиниці продукції протеїну, жирів і вуглеводів. При цьому слід уважати, що 1 кг протеїну і вуглеводів містить по 4 ккал, а 1 кг жиру – 9 ккал.

Критерієм оцінки ефективності вирощування сільськогосподарських культур в енергетичному аналізі є *коефіцієнт енергетичної ефективності* (K_{ee}), чисельне значення якого дорівнює відношенню енергоємності продукції (E_p) до сумарних енергетичних витрат на її отримання (E):

$$K_{ee} = \frac{E_n}{E}.$$

Для нашого прикладу при вирощуванні гороху на фоні з унесенням добрив величина K_{ee} дорівнює:

$$K_{ee} = \frac{9014600 \text{ ккал/га}}{4223230 \text{ ккал/га}} = 2,13.$$

Поряд з коефіцієнтом енергетичної ефективності доцільно визначати й інші показники, такі як енерговитрати або енергетична “ціна” фізичної одиниці продукції, одного грама білка, незамінної кислоти й інше. Для цього необхідно сумарні витрати E розділити на урожайність, вихід кормової одиниці, білка з урожаєм та інше.

Отримані показники енергетичної ефективності заносять у таблицю для порівняння різних технологій. При цьому бажано виділити в окрему колонку той захід чи систему, які відрізняють ці технології. Приклад такого аналізу показано в табл. 2.3, де відтворено порівняння ефективності застосування різних способів основного обробітку ґрунту під горох.

На поліпшення ефективності застосування конкретної технології буде вказувати підвищення величини K_{ee} та зниження енерговитрат на одиницю продукції у порівнянні з іншими технологіями. Аналогічним способом можна визначати ефективність різних сівозмін. Для цього визначають сумарні витрати на вирощування та енергоємність продукції всіх культур, які вирощуються в сівозміні. Коефіцієнт енергетичної ефективності сівозміни обчислюють за формулою:

$$K_{ee} = \frac{\sum E_{ni}}{\sum E_i}$$

де E_{ni} – енергоємність продукції кожної культури сівозміни з 1 га;

E_i – енергетичні витрати на отримання продукції кожної культури сівозміни з 1 га.

2.3. Енергетична ефективність різних способів основного обробітку ґрунту під горох
(дослід кафедри землеробства ХНАУ)

Способи обробітку ґрунту	Урожайність, ц/га	Вихід продукції		Енерговміст урожаю, тис.ккал/га	Витрати непоновленої енергії, тис. ккал/га		Енерговитрати на одиницю продукції			K _{ee}
		к. од., га	перетравного протейну, ц/га		на всю технологію	у т.ч. на основний обробіток ґрунту	1ц урожаю тис. ккал	1ц к. од. тис. ккал	1ц перетр. протейну тис. ккал	
Оранка ПЛН-4-35 на 23-25см	27,4	30,7	4,87	9014,6	4223,2	276,4	154,1	137,6	867,2	2,13
Безполицевий обробіток СиБІМЕ на 23-25см	26,6	29,8	4,73	8751,4	4149,8	203,0	156,0	139,2	877,3	2,11
Безполицевий обробіток ПРН- 31000 на 10-12см	25,5	28,6	4,54	8389,5	4119,2	172,3	161,5	144,0	907,3	2,04
Дискування БДТ-7 на 10-12см	25,0	28,0	4,45	8225,0	4072,3	125,4	162,9	145,4	915,1	2,02
Чизельний обробіток ПЧ-2,5 на 23-25см	27,7	31,0	4,93	9113,3	4140,9	194,1	149,5	133,6	839,9	2,20

Енергетичну ефективність окремих технологічних операцій або комплексу заходів, якщо вони є додатковими до традиційної технології і не замінюють її окремих складових частин (унесення гербіцидів та інших засобів захисту рослин, добрив, регуляторів росту, застосування зрошення, меліоративних заходів і інше), доцільно визначати за скороченою схемою:

$$K_{\dot{a}\ddot{a}} = \frac{\dot{A}_{\ddot{a}}}{\dot{A}_{\ddot{a}}}$$

де $\dot{A}_{n\ddot{a}}$ – енергоємність додаткової продукції, отриманої від застосування конкретного агрозаходу;

$\dot{A}_{\ddot{a}}$ - додаткові витрати енергії на застосування цього заходу.

Величина $\dot{A}_{\ddot{a}}$, наприклад, при визначенні ефективності внесення гербіциду буде дорівнювати сумі всіх витрат на внесення робочого розчину, його підготовку та енергії, яку містить даний гербіцид.

Однак якщо ці заходи замінюють одну або декілька операцій у традиційній технології, то енергетичну оцінку слід визначати шляхом повного обліку всіх технологічних витрат і енергоємності урожаю, які вказані вище.

В окремих випадках, особливо при визначенні ефективності енергозберігаючих технологій, підвищення коефіцієнта енергетичної ефективності і зниження енерговитрат на одиницю продукції вказують лише на ефективність вкладеної енергії при виконанні технології вирощування культур в цілому. Але величина прибутку енергії при цьому інколи знижується порівняно з величиною прибутку при використанні традиційної технології.

У такому разі, слід обчислювати показник прибутку енергії від застосування того чи іншого заходу або комплексу заходів. Для зручності пропонуємо визначати величину *коефіцієнта порівняння прибутку (K_{nn})* за такою формулою:

$$K_{\text{пп}} = \frac{E_{ni} - E_i}{E_{nk} - E_k},$$

де E_{ni} та E_{nk} – енергоємність продукції на відповідному варіанті і на контролі;

E_i та E_k – сумарні витрати енергії на відповідному варіанті і на контролі відповідно.

Ураховуючи, що для контролю $K_{\text{пп}}=1$, відхилення цієї величини у бік збільшення чи зменшення для експериментального або впроваджуваного варіанта буде вказувати на відповідну ефективність даної технології порівнянно з традиційною. Величину коефіцієнта порівняння прибутку слід використовувати як додатковий показник при визначенні ефективності будь-якої технологічної операції або технології в цілому порівняно із загальноприйнятими заходами.

Енергетичний аналіз є перспективним для розробки ресурсо- та енергоощадних технологій, визначення раціональної структури посівних площ, кількісної оцінки здатності різних видів та сортів сільськогосподарських культур, для використання техногенної та природної енергії, порівняння альтернативних методів у землеробстві з традиційними тощо. Однак його слід розглядати лише як додатковий аналітичний захід, який суттєво підвищує можливості економічного аналізу.

Економічний аналіз відображає кількісну оцінку фінансових вкладів у виробництво сільськогосподарської продукції та їх окупність з метою отримання максимального прибутку для розширеного економічного розвитку господарства.

Економічна ефективність визначається за такими показниками:

- вихід загальної або додаткової продукції в натуральному вираженні;
- продуктивність праці, яка виражається виходом продукції на людину-годину або кількістю витраченої праці на одиницю продукції;
- собівартість продукції, яка відображає виробничі витрати на одиницю продукції;

- окупність витрат, тобто відношення вартості додаткової валової продукції до вартості витрат, пов'язаних з використанням додаткових ресурсів, збиранням, доробкою та реалізацією додаткової продукції;

- чистий прибуток на гектар посіву або сівозмінної площі і на одиницю поживних речовин;

- рентабельність як відношення чистого прибутку до суми витрат на виробництво і реалізацію продукції, виражена у відсотках;

- питома вага додаткової продукції за рахунок добрив і валового виробництва, виражена у відсотках.

Вихідні дані для визначення економічної ефективності включають:

1. Урожайність культури або валовий збір продукції у вартісному вираженні з 1 га, яка визначається шляхом добутку виходу продукції в натуральному вираженні на відповідну біржову ціну цього виду продукції;

2. Прямі витрати у грошовому вираженні на 1 га, які обчислюються за фактичними або нормативними даними всіх видів витрат при вирощуванні сільськогосподарських культур, у тому числі вартість пального, оплата праці, поточний ремонт і амортизація основних засобів, а також вартість насіння, добрив, пестицидів та інше.

Облік загальних прямих витрат необхідно проводити, визначаючи витрати всіх використаних технологічних операцій, подібно до їх визначення в енергетичному аналізі. При цьому обліковуються фактичні чи нормативні витрати пального у грошовому вираженні згідно з існуючими на час визначення цінами.

Витрати на оплату праці обчислюються шляхом визначення витрат часу роботи механізаторів та інших робочих при виконанні даної технологічної операції на одиницю площі і добутку цієї величини та відповідного тарифного окладу або встановленого рівня оплати праці в даному господарстві.

Витрати на амортизацію обчислюються згідно з річними нормами амортизаційних відрахувань, установлених у відсотках від балансової

вартості кожної з груп основних фондів на початок звітної періоду у таких розмірах:

Група 1 – будівлі, споруди, їх структурні компоненти і передавальні пристрої – 5 %;

Група 2 – транспортні засоби (включаючи вантажні та легкові автомобілі), меблі, конторське (офісне) обладнання, побутові електромеханічні прилади та інструменти – 25 %;

Група 3 – інші основні фонди, що не ввійшли до груп 1 і 2 (включаючи сільськогосподарські машини і знаряддя, робочу і продуктивну худобу та багаторічні насадження) – 15 %.

При розрахунку амортизаційних витрат основних фондів на кожну технологічну операцію необхідно добову норму відповідних відрахунків помножити на кількість нормозмін, які потрібні для виконання даної операції на одиницю площі.

Додаткові витрати на оборотні фонди, до яких відносять добрива, пестициди, насіння й інші матеріали, визначаються шляхом добутку норм унесення добрив чи посіву насіння на одиницю площі і відповідної фактичної чи запланованої ціни на ці матеріали. При використанні планових цін на посівний матеріал необхідно враховувати сортові надбавки, які додаються до вартості товарної продукції відповідної культури у відсотках до біржової ціни (табл. 2.4-2.7). Таким чином, після визначення витрат на кожну технологічну операцію знаходять суму загальних прямих витрат на виробництво продукції з одиниці площі, враховуючи нетехнологічні витрати (податки, відрахування та ін.).

Після відповідних розрахунків показники економічної ефективності заносяться в таблицю або подаються у вигляді переліку за встановленим порядком.

Наприклад:

1. Урожайність культури, ц/га;
2. Вартість урожаю, грн./га;

**2.4. Сортові надбавки на насіння зернових, зернобобових
та олійних культур (% до біржових цін)**

Культура	Категорія насіння	Якісні показники насіння	
		кондиційне	некондиційне (неочищене, відповідає нормам якості репродукційного)
Пшениця тверда і м'яка (озима і яра) Ячмінь (озимий і ярий)	Елітне	120	-
	РН ₁	80	50
	РН ₂	60	40
	РН ₃	50	30
	РН _{4,5}	30	15
Жито, група А	Елітне	170	-
	РН ₁	120	90
	РН ₂	90	70
	РН ₃	60	40
	РН _{4,5}	40	20
Овес Просо Гречка Рис	Елітне	130	-
	РН ₁	90	60
	РН ₂	60	40
	РН ₃	40	20
	РН _{4,5}	20	15
Горох	Елітне	170	-
	РН ₁	140	100
	РН ₂	110	80
	РН ₃	80	50
	РН _{4,5}	50	30
Соняшник	РН ₁	190	70
	РН ₂	130	35
Льон елітний	РН ₁	60	20
	РН ₂	50	20
	РН ₃	45	15
	РН ₄	35	10
Соя	РН ₁	75	40
	РН ₂	60	35
	РН ₃	45	25
	РН _{4,5}	35	20
Ріпак, гірчиця, свиріпа	РН ₁	150	70
	РН ₂	120	60
Рицина	РН ₁	120	40
	РН ₂	80	30
	РН ₃	70	30
	РН _{4,5}	50	20

3. Загальні витрати на проведення технології вирощування, грн./га;
4. Собівартість продукції, грн./ц;
5. Умовний чистий прибуток, грн./га;
6. Рентабельність виробництва, %.

2.5. Сортові надбавки на кондиційне насіння гібридів соняшнику першого покоління (% до біржових цін)

Назва гібридів	Сортові надбавки
Прості гібриди з високопродуктивними середньостиглими материнськими лініями	1100
Прості гібриди з низькопродуктивними скоростиглими материнськими лініями	1200
Сортолінійні та складні гібриди	900

2.6. Сортові надбавки на насіння сортів і гібридів кукурудзи, які пройшли державне випробування і занесені до Реєстру сортів рослин України (% до біржових цін)

Групи стиглості гібридів	Гібриди першого покоління			Гібриди, популяції і сорти
	прості міжлінійні	прості модифіковані	інші	
Ранньостиглі	450	420	400	350
Середньостиглі	420	400	380	300
Середньостиглі і середньопізні	410	400	350	250
Пізнньостиглі	400	380	300	200

Для насіння гібридних популяцій і сортів 3 - 5 репродукції сума сортової надбавки зменшується на 20 %. Для насіння гібридів другого покоління (крім простих) сортова надбавка становить 200 % до біржової ціни на зерно кукурудзи.

2.7. Відхилення сортової надбавки на насіння гібридів і покоління кукурудзи залежно від рівня її гібридизації

Рівень гібридності простих, простих модифікованих гібридів (%)	Відхилення від сортової надбавки (%)
100 - 95	+20
94,9 - 92	-
91,9 - 90	-20
89,9 - 85	-30
84,9 і нижче	за ціною гібридів другого покоління

При порівнянні різних технологій чи заходів у землеробстві кращими з економічної точки зору будуть ті, які сприятимуть зменшенню собівартості продукції та підвищенню умовного чистого прибутку. Для визначення собівартості (С) користуються формулою:

$$C = \frac{3B}{Y},$$

де 3В – загальні витрати на проведення технології, грн./га;

У – урожайність культури, або вихід продукції, ц/га;

Умовний чистий прибуток (П) дорівнює:

$$П = ВП - 3В,$$

де ВП – вартість урожаю, або валовий збір, грн./га;

Рівень рентабельності (Р) визначається за формулою:

$$P = \frac{\hat{A}\ddot{I} - 3\hat{A}}{3\hat{A}} \times 100\%.$$

При визначенні ефективності додаткових витрат у землеробстві визначають окупність витрат (О) за формулою:

$$O = \frac{B\Pi i - B\Pi k}{3B i - 3B k},$$

де ВПі і ВПк – вартість урожаю на і-тому варіанті з використанням додаткових витрат і на контролі;

3Ві і 3Вк – загальні витрати на і-тому варіанті і на контролі.

При значенні цієї величини більше одиниці окупність додаткових витрат вважається позитивною. Показники економічної ефективності розраховуються щорічно для визначення рівня розвитку виробництва, порівняння різних технологій та окремих заходів, розрахунку бізнес-плану. Для порівняння ефективності виробництва по роках її показники обчислюються у порівняльних цінах, установлених Держкомстатом України.

Запитання для самоконтролю

1. Поняття та завдання енергетичного аналізу в землеробстві.
2. Класифікація витрат, які визначаються в енергетичному аналізі.
3. Поняття "енергоємність", "енергетична цінність", "енергетичні витрати" та методи їх визначення.
4. Принцип обчислення коефіцієнта енергетичної ефективності, поняття "енергетичні еквіваленти".
5. Поняття економічного аналізу та показники за якими визначається економічна ефективність.
6. Вихідні дані для визначення економічної ефективності, принципи розрахунків їх показників.
7. Принцип обчислення загальних витрат в землеробстві.
8. Значення економічного та енергетичного аналізів в землеробстві.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Землеробство. Терміни та визначення понять: ДСТУ 4691:2006. [Чинний від 2006-]. К.: Держспоживстандарт України, 2006. 17 с. (Національні стандарти України).
2. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України / М. В. Зубець (голова) та ін. К.: Логос, 2010. 980 с.
3. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України / М. В. Зубець (голова) та ін. К.: Аграрна наука, 2004. 844 с.
4. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і Західного регіону України / М. В. Зубець (голова) та ін. К.: Урожай, 2004. 560 с.
5. Энергетический анализ в сельском хозяйстве / Под ред. А. А. Жученка, В. Н. Афанасьева. Методологические и методические рекомендации. Кишинев, 1988. 128 с.
6. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. К.: Урожай, 1988. 208 с.
7. Булаткин Г.А. Эколого-энергетические основы оптимизации продуктивности агроэкосистем. М.: ИФПБ РАН, 2008. 366 с.
8. Тараріко Ю. О., Несмашна О. Є., Глущенко Л. Д. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур. К.: Нора-прінт, 2001. 60 с.
9. Кодекс академічної доброчесності <https://knau.kharkov.ua/uploads/pubinfo/pol2017/cad2017.pdf>.
10. Практикум із загального і меліоративного землеробства // за ред. Ю. В. Будьонного, С. І. Попова. Х.: ХНАУ, 2005. 286 с.
11. Сучасні ресурсозберігаючі ґрунтозахисні технології вирощування зернових культур в господарствах Харківської області на 2006-2010 роки. І. М. Войтов, Д. В. Кодацький, М. Д. Євтушенко [та ін.]. Рекомендації Харків, 2006. 28 с.

12. Технологічні карти і витрати на вирощування зернових та технічних культур в умовах Лісостепу України / За ред. Ю. В. Будьонного. Харківський НАУ ім. В. В. Докучаєва. Харків, 2006. 493 с.
13. Методичні рекомендації і програма досліджень з обробітку ґрунту / А. М. Малієнко, Н. М. Тарарико, С. О. Гаврилов та ін. К.: ЕКМО, 2008. 88 с.
14. Структура витрат на виробництво сільськогосподарської продукції в сільськогосподарських підприємствах / Сільське господарство України. Статистичний збірник. К., 2014. С. 63.
15. Миндрин А. С. Энергоэкономическая оценка сельскохозяйственной продукции. М.: ВНИИЭТУСХ, 1997. 187 с.
16. Одум Г., Одум Ю. Энергетический базис человека и природы. М.: Прогресс, 1978. 379 с.

Методичні рекомендації для науковців, виробників, викладачів,
аспірантів та студентів вищих навчальних закладів спеціальності 201
«Агрономія»

Укладач:

Шевченко Микола Вікторович, д-р с.-г. наук, доцент

Підписано до друку 2019 р.

Форма 60x84 1/16. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman. Друк офсетний. Ум. Друк. арк. 1,8

Наклад 50 прим. Зам. №_____

Редакційно-видавничий відділ Харківського національного аграрного
університету ім. В.В. Докучаєва, 62483, Харківська обл., Харківський р-н,
п/в копуніст-1, навчальне містечко ХНАУ, тел. 99-72-70

E-mail: admin a agrouniver. kharkov.com. ua