

РОЗТАШУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ З ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА З УРАХУВАННЯМ УРОЖАЙНОСТІ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

В.І.Гавриш, доктор економічних наук, доцент
Миколаївський державний аграрний університет

Розглянуто вплив урожайності олійних культур на собівартість продукції заводу з виробництва біопалив. Запропоновано економіко-математичну модель визначення радіусу розміщення сировинної бази.

Ключові слова: урожайність, біопаливо, динаміка, собівартість, сировинна база.

Постановка проблеми. Одним з важливих стратегічних завдань економіки України є забезпечення енергетичної незалежності. Для досягнення цієї мети, окрім зменшення енергоємності виробництва, потрібно нарощувати використання нетрадиційних та поновлювальних джерел енергії, у тому числі і рослинного походження.

Основною сировиною для виробництва рідких моторних біопалив є сільськогосподарська продукція. Це олійні культури (для виробництва дизельних біопалив) та інші (цукровий буряк, кукурудза, зернові тощо) – для виробництва біоетанолу. При плануванні виробництва біопалив з рослинної сировини потрібно розв'язати проблему оптимізації розташування переробних підприємств. Суттєво впливає на вирішення цієї проблеми і динаміка врожайності рослинної сировини.

Аналіз останніх досліджень. Зважаючи на досвід країн ЄС, США та результати досліджень вітчизняних науковців, можна виділити наступні типи заводів з виробництва дизельного біопалива: господарські, малі, великі та промислові [1]. Забезпечення заводів необхідною сировиною (рослинною та хімічною) вимагає розроблення логістики зберігання та транспортування як сировини, так і виробленої продукції (основної та побічної).

Економічні проблеми виробництва та створення ринку біопалив досліджували такі вчені, як В.Дубровін, Г.Калетник, Б.Пасхавер, В.Семенов та інші. У роботах М.Сенчука та В.Горбатова запропоновано методика визначення потужності пунктів для переробки органічної сировини з урахуванням відстані її перевезення та зайнятості полів олійними культурами в сівозміні [2–4]. Однак дана методика не враховує динаміку врожайності енергетичних культур.

Мета статі. Метою нашого дослідження є розроблення економіко-математичної моделі розташування заводів з виробництва дизельного біопалива з врахуванням динаміки врожайності ріпаку.

Викладення основного матеріалу. Оцінка агрокліматичних умов для вирощування озимого ріпаку за весь період вегетації показала, що пріоритетною для розміщення посівів може вважатися територія Західного Полісся, більша частина Лісостепу, Полтавська рівнина та частина Північного Степу, що межує з ними. Неприятливі агрометеорологічні умови для вирощування цієї олійної культури на Поліссі та в Західному Лісостепу трапляється один раз на 6-7 років; у Центральному та Східному Лісостепу, в Північному Степу – кожні три роки; у Південному Степу та АР Крим – кожен другий рік [5]. Урожайність ріпаку по областях країни може суттєво відрізнятись від середнього значення по державі та має суттєві коливання залежно від кліматичних умов (рис. 1) [6].

Виконаємо гармонійний аналіз наведених функцій по областях. В Одеській області, у діапазоні, що досліджується, мінімальні значення врожайності ріпаку спостерігаються з інтервалом 5 та 2 роки. Слід відмітити, що з часом урожайність має тенденцію до збільшення.

Середню урожайність ріпаку в Україні (з урахуванням як озимого, так і ярого) наведено на рис. 2. Як видно, мінімальні значення врожайності повторюються кожні 5, 3, 3 та 3 роки. Амплітуда коливань врожайності має тенденцію до зростання. За оптимістичного сценарію, середній рівень врожайності може досягти значення 30 ц/га до 2012 року.

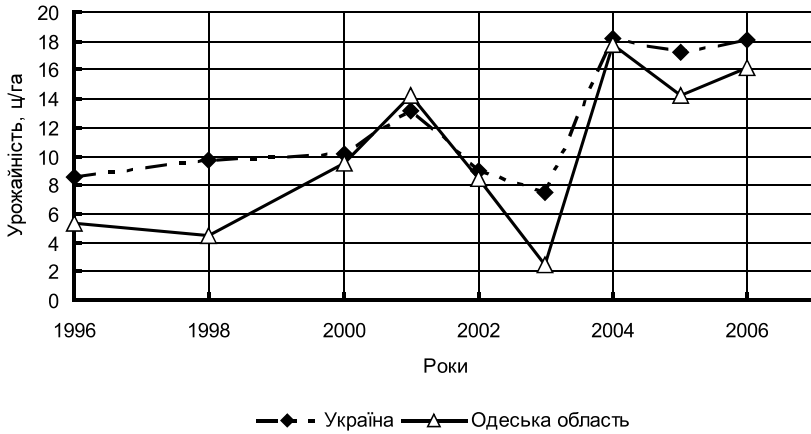


Рис. 1. Динаміка урожайності озимого ріпаку

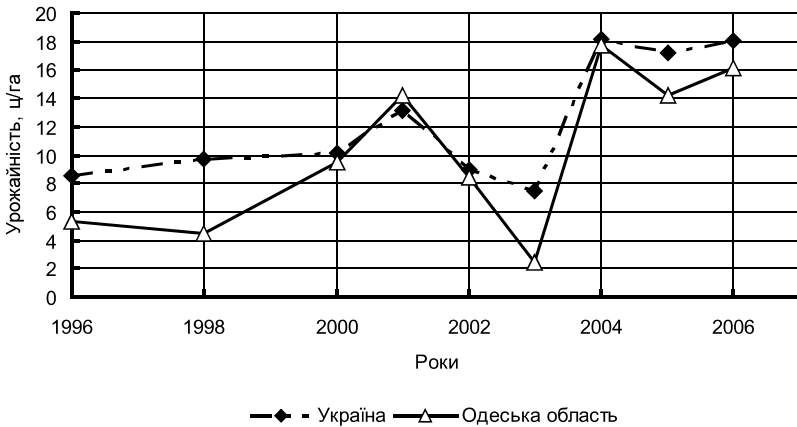


Рис. 2. Динаміка урожайності ріпаку в Україні

Математична модель, що розроблена М.Сенчуком та В.Горбатовим, не враховує динаміки врожайності і тому потребує уточнення. Крім того необхідно і більш коректно визначити відстань перевезень рослинної сировини.

У запропонованій методиці відстань перевезення визначається за максимальною відстанню від переробного підпри-

ємства до ділянок, де вирощується сировина для виробництва біопалива. На нашу думку, це припустимо, але недостатньо коректно. Тому пропонуємо визначати радіус (відстань) перевезення за математичним виразом:

$$r_i = \frac{\int_0^M x \cdot dm}{M}, \quad (1)$$

де x – поточна відстань перевезення dm сировини;

M – повна маса сировини, що перевозиться;

dm – маса врожаю, що отримується з елементарної ділянки площі.

Повна маса сировини визначається за формулою [3]

$$M = \pi \cdot U \cdot \alpha \cdot r^2, \quad (2)$$

де U – урожайність сільськогосподарських культур, т/км²;

α – щільність розміщення полів з сировиною для виробництва біопалива;

r – максимальна відстань від заводу до полів, де вирощують біосировину.

Масу врожаю з елементарної кругової ділянки знаходимо за рівнянням:

$$dm = 2 \cdot \pi \cdot U \cdot \alpha \cdot x \cdot dx. \quad (3)$$

Після підстановки значень повної маси врожаю (2) та маси врожаю з елементарної кругової ділянки (3) у рівняння (1) отримаємо значення середньої відстані перевезень

$$r_i = \frac{2 \cdot \pi \cdot U \cdot \alpha \cdot \int_0^r x^2 dx}{\pi \cdot U \cdot \alpha \cdot r^2} = \frac{2}{r^2} \cdot \frac{x^3}{3} \Big|_0^r = \frac{2}{3} \cdot r. \quad (4)$$

Питомі витрати виробництва біопалива можна представити функцією однієї змінної

$$C = \frac{3_B}{\pi \cdot U \cdot \alpha \cdot r^2} + \frac{4}{3} \cdot 3_T \cdot r + 3_I, \quad (5)$$

де 3_B - загальні постійні витрати (амортизація обладнання та споруд, витрати на капітальний та поточний ремонт, витрати на адміністративний персонал та інші витрати, що не пов'язані з технологічним процесом виробництва біопалива) на переробку органічної сировини, грн/рік;

3_T - питомі витрати на транспортування сировини, грн/(т•км);

3_I - приведені прямі витрати на переробку органічної сировини, грн/т.

Якщо виконати диференціювання виразу (5) та прирівняти похідну до нуля, то отримуємо оптимальне значення відстані від заводу до ділянок, на яких вирощується енергетична сировина, що забезпечує мінімальну собівартість продукції:

$$\frac{dC}{dr} = -\frac{2 \cdot 3_B}{\pi \cdot U \cdot \alpha \cdot r^3} + \frac{4}{3} \cdot 3_T = 0. \quad (6)$$

З виразу (6) знайдемо максимальне оптимальне значення відстані від заводу до ділянки з вирощування біосировини

$$r_{i \text{ i } \delta} = \sqrt[3]{\frac{3}{2} \cdot \frac{3_A}{\pi \cdot U \cdot \alpha \cdot 3_T}}. \quad (7)$$

Рівняння (7) дає значення, яке перевищує в **1,14** раза значення оптимальної відстані, розраховане у роботі М.Сенчука та В.Горбатова [3].

Визначимо оптимальне розташування заводу з виробництва біопалива з урахуванням прогнозованих коливань врожайності. За цикл даних коливань собівартість отриманої продукції повинна бути мінімальною. Цю умову записано рівнянням

$$\sum_{i=1}^n C_i = \frac{3_B}{\pi \cdot \alpha \cdot r^2} \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{U_i} \right) + \frac{4}{3} \cdot 3_T \cdot n \cdot r + n \cdot 3_I, \quad (8)$$

де n – кількість років, протягом яких велися спостереження. Продиференціюємо вираз (8) та прирівняємо до нуля

$$\frac{d \sum_{i=1}^n C_i}{dr} = -\frac{3_B}{\pi \cdot \alpha \cdot r^3} \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{U_i} \right) + \frac{4}{3} \cdot n \cdot 3_T = 0 \quad (9)$$

З рівняння (9) знайдемо оптимальне значення відстані розташування ділянок рослинної сировини від переробного заводу

$$r_{i\dot{\delta}} = \sqrt[3]{\frac{3}{2} \cdot \frac{3_B}{n \cdot 3_T \cdot \pi \cdot \alpha} \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{U_i} \right)} \quad (10)$$

Наведена вище методика справедлива для кругового розташування полів. Це припущення не відповідає дійсності. Тому розглянемо випадок, коли завод розташований у центрі квадрата зі стороною a . Необхідно визначити оптимальні розміри даного квадрату (або відстані між заводами) для мінімізації собівартості виробництва біопалива.

У даному випадку методологічний підхід залишається таким же, але змінюються та ускладнюються математичні розрахунки. Рівняння для визначення середньої відстані перевезення рослинної сировини

$$r = \frac{\iint_D r \cdot U \cdot \alpha \cdot dx dy}{\iint_D U \cdot \alpha \cdot dx dy} \quad (11)$$

де D – область інтегрування;

x, y – координати елементарних ділянок полів.

Область інтегрування D співпадає з розташуванням сільськогосподарських угідь. Відстань перевезення визначається за формулою

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (12)$$

Після підстановки значення відстані перевезення (12) в рівняння (11) отримаємо залежність виду

$$r = \frac{\iint_D \sqrt{x^2 + y^2} \cdot U \cdot \alpha \cdot dx dy}{\iint_D U \cdot \alpha \cdot dx dy} . \quad (13)$$

Інтеграл у чисельнику містить ірраціональну функцію і тому його аналітичне розв'язання вкрай утруднено [7, 8]. Тому автором розроблено алгоритм та комп'ютерну програму для числового рішення даного рівняння. Обчислення кратних інтегралів здійснювалося за допомогою квадратурних формул. Для досягнення прийнятної у практичній діяльності відносної похибки (не більше 5%) використано алгоритм інтегрування з автоматичним визначенням шагу [9]. Виконані розрахунки дозволили визначити середню дальність перевезень (відносна похибка 4%)

$$r = 0,399 \cdot a. \quad (14)$$

Собівартість продукції за умови квадратної форми розташування полів та врахування динаміки урожайності

$$\sum_{i=1}^n C_i = \frac{3_B}{\alpha \cdot a^2} \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{U_i} \right) + 0,798 \cdot a \cdot 3_T \cdot n + n \cdot 3_I . \quad (15)$$

Продиференціюємо рівняння (15) та прирівняємо його до нуля

$$\frac{d \sum_{i=1}^n C_i}{dr} = - \frac{2 \cdot 3_B}{\alpha \cdot a^3} \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{U_i} \right) + 0,798 \cdot n \cdot 3_T = 0 . \quad (16)$$

З рівняння (16) знайдемо розміри зони дії переробного заводу (або відстані між заводами)

$$a = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 3_B}{0,798 \cdot n \cdot 3_T \cdot \alpha} \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{U_i} \right)} . \quad (17)$$

Розрахунки показують, що площі для вирощування сировини визначені за формулами (17) та (10), майже однакові (різниця становить 3,9%). Також невеликі розбіжності у собівартості продукції.

Розглянемо відношення собівартості продукції, що розрахована за середньої врожайності ріпаку, до собівартості з урахуванням динаміки врожайності. Результати розрахунків наведено на рис. 3. Як видно, використання запропонованої економіко-математичної моделі в діапазоні коливань урожайності дає менше значення собівартості переробки сировини.

Методичний підхід, який реалізовано у запропонованих математичних залежностях дає більш коректний результат, ніж використання у розрахунках середнього значення врожайності. Так, розрахунки на прикладі фактичної урожайності озимого ріпаку в Одеській області (рис. 1) показують, що запропонована методика дає значення оптимальної площі земельних угідь для обслуговування потреб переробного заводу майже на 40% більшу, ніж використання у розрахунках середньорічних значень. Пояснюється це тим, що собівартість продукції має нелінійну залежність від обсягів переробки сировини.



Рис. 3. Залежність відносної собівартості переробки від урожайності ріпаку

Висновок. При визначенні оптимального розташування заводів з виробництва біопалива доцільно використовувати запропоновану методику, яка враховує динаміку врожайності сільськогосподарських культур. Напрямок подальших досліджень є оптимізація розташування заводів з виробництва біопалив з урахуванням їх фактичної потужності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Біопалива / [В.О. Дубровін, М.О. Корченний, І.П. Масло та ін.]. — К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. — 256 с.
2. Горбатов В.В. К вопросу оптимизации мощности и расположения пунктов по переработке вторичного органического сырья / В.В. Горбатов, М.М. Сенчук // Мат. 3-й Межд. науч.-техн. конф. «Аграрная энергетика в XXI столетии». — Минск: РУП «Институт энергетики АПК НАН Беларуси», 21-23 ноября 2005. — С.273—275.
3. Сенчук М. Методика розрахунку потужності і розташування пунктів з переробки органічної сировини в біопаливо / М. Сенчук, В. Горбатов // Техніка АПК. — 2006. — №3. — С.33—34.
4. Сенчук М.М. Обґрунтування потужності механізованих пунктів для переробки органічних відходів вермикомпостування і розташування пунктів з переробки органічної сировини в біопаливо / М.М. Сенчук // Техніка АПК. — 2004. — №10/11. — С.32—34.
5. Калетник Г.М. Розвиток ринку біопалив в Україні: монографія / Г.М. Калетник. — К: Аграрна наука, 2008. — 464 с.
6. Державний комітет статистики України. Департамент статистики сільськогосподарства та навколишнього середовища. Рослинництво України за 2006 рік. — К.: Консультант, 2007.
7. Бронштейн И.Н. Справочник по математике / Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. — М.: Наука, 1964. — 608 с.
8. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления для ВТУЗов, т. 2 / Пискунов Н.С. — М.: Наука, 1985. — 560 с.
9. Вычислительная техника в инженерных и экономических расчетах / [Петров А.В., Алексеев В.Е., Титов М.А. и др.]; под ред. А.В.Петрова. — М.: Высш. шк., 1984. — 320 с.