

НЕПАРАМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВИРОБНИЧИХ РЕСУРСІВ У ТЕПЛИЧНОМУ ГОСПОДАРСТВІ

В. Ф. ІВАНЕНКО

*Український науково-дослідний інститут
продуктивності агропромислового комплексу*

Вивчено основні аспекти ефективності використання енергетичних і трудових ресурсів у тепличному господарстві із застосуванням методу DEA-аналізу. Досліджено динаміку залежності обсягів витрат електроенергії, теплової енергії та інших ресурсів від рівня врожайності та показників ефективності підприємства.

Постановка проблеми. Технічні інновації у тепличному господарстві спрямовані на реалізацію технологічних новинок по заощадженню основних виробничих ресурсів. Вивчення ефективності використання окремих ресурсів за допомогою DEA-аналізу є новим підходом для економічної та технологічної оцінки ефективності тепличного господарства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Метод аналізу оболонки даних (DEA) досліджували такі вчені, як: О. Г. Макарчук, С. І. Дем'яненко, О. В. Нів'євський, Б. П. Дмитрук, Т. Б. Вітряк, В. Г. Андрійчук, Р. В. Андрійчук.

В основу непараметричного аналізу покладено завдання виробити визначений обсяг продукції (y_i) та залучити до процесу виробництва відповідну кількість ресурсів (x_i) [2].

Теорія факторів виробництва спирається певною мірою на використання математичного, модельного апарату, яким виступають факторні моделі у вигляді математичної залежності, пов'язуючи величину одержаного результату виробництва з використанням виробничих факторів, що зумовили цей результат [6].

На мікроекономічному рівні кожна фірма має свою, відмінну від інших суб'єктів господарювання, виробничу функцію. Водночас виробнича функція може бути застосована до окремих галузей, видів виробництва і навіть до оцінки параметрів виробництва окремого підрозділу підприємства. У наших дослідженнях наведено декілька прикладів оцінки окремих теплиць як визначеного об'єкта.

Виробнича функція показує залежність між максимально можливим обсягом випуску продукції та обсягом ресурсів, які для цього використовуються [7].

Як правило, виробнича функція має теоретичне значення, але не позбавлена і практичного застосування. Її широко використовують економісти для оцінки окремих ресурсів, що забезпечують економічне зростання. Першим варіантом у цьому плані була так звана виробнича функція Кобба – Дугласа, змістом якої є аналіз залежності обсягу виробництва від використання двох основних ресурсів – капіталу і праці. Це особливо актуально на тлі зростання безробіття й обмеженого доступу до інвестицій в Україні.

Отже, виробнича функція свідчить, що існує багато варіантів виробництва певного обсягу продукції за рахунок визначеного набору чинників виробництва. Поліпшення технологічних параметрів, що максимально збільшують обсяг виробництва певного виду продукції, завжди відображається у новій виробничій функції [6].

Мета дослідження – встановити залежність обсягів виробництва овочів від витрат праці та енергоносіїв і визначити технічну ефективність ресурсів за допомогою DEA-аналізу для ПАТ "Комбінат Тепличний".

Виклад основного матеріалу. У наших дослідженнях встановлено пряму залежність обсягів виробництва овочів від витрат праці та енергоносіїв (рис. 1). Розрахунки показали, що врожайність тепличних овочів (томати) може зростати на 10 кг/м², якщо

залучити додаткові енергетичні ресурси в обсягах – теплової енергії – 10,2 Гкал та електроенергії – 270, 4 кВт (табл. 1).

Таблиця 1

Динаміка врожайності тепличних овочів залежно від рівня витрат енергоносіїв

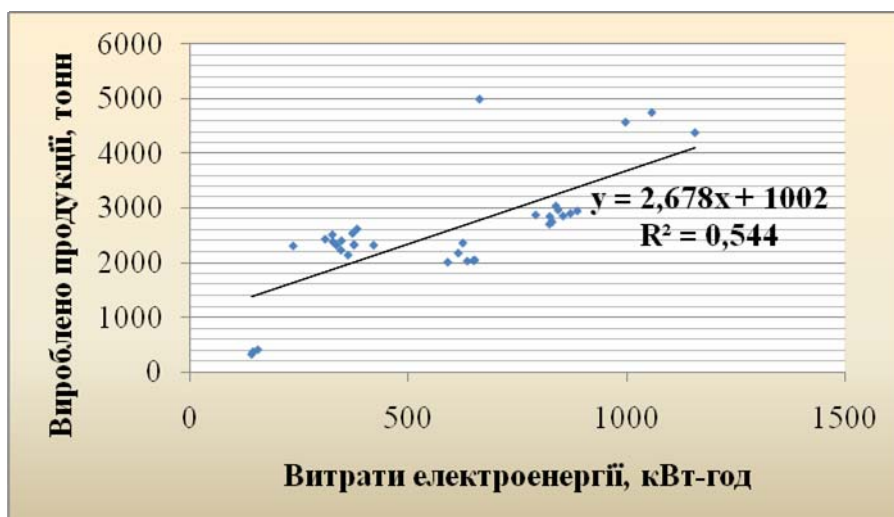
Врожайність, т/га X	Витрати енергії на обігрівання, Гкал $0,1022x + 359,83$ Y₁	Витрати праці, люд.-год $0,0246x + 64,84$ Y₂	Витрати електроенергії, кВт $2,6787x + 1002$ Y₃
300	390,49	72,22	1805,61
350	395,60	73,45	1939,55
400	400,71	74,68	2073,48
450	405,82	75,91	2207,42
500	410,93	77,14	2341,35
550	416,04	78,37	2475,29
600	421,15	79,60	2609,22
650	426,26	80,83	2743,15
700	431,37	82,06	2877,09

Джерело: власні розрахунки автора

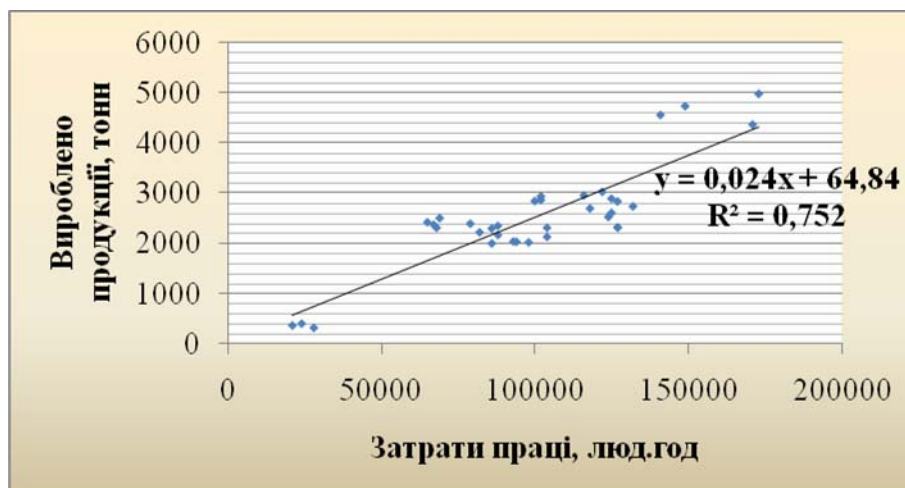
Виробничу функцію побудовано у розрахунку динаміки врожайності тепличних овочів (томати) – 300 – 700 т/га.

Щоб відобразити залежність даних на створених діаграмах, ми додали лінію тренду. На наведених діаграмах (рис. 1) показано лінію тренду у вигляді прямої, яка демонструє залежність між витратами ресурсів та обсягом виробленої продукції. Значення R^2 виявилось найвищим, що відображає залежність обсягів виробництва від витрат праці (рис. 1.В), і становило 0,752, тобто наближається до 1, що вказує на високу відповідність лінії тренду даним вибірки.

А.



В.



С.

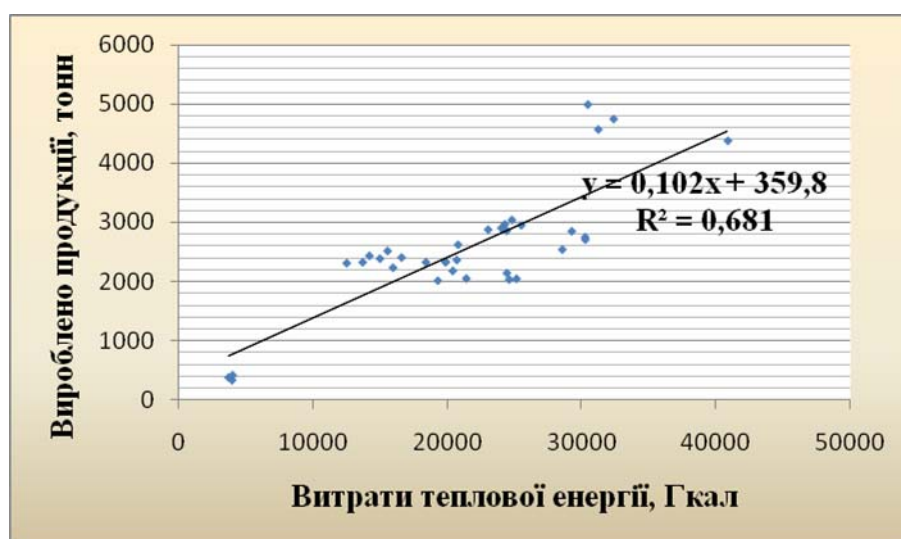


Рис. 1. Залежність обсягів виробництва тепличних овочів від витрат праці та енергоносіїв

Джерело: розробка автора

Виробничу функцію можна застосовувати для обчислення мінімальної кількості витрат, необхідних для виробництва будь-якого обсягу продукції [6].

Співвідношення визначеного переліку чинників виробництва і максимально можливого обсягу продукції, виробленої внаслідок цього набору чинників, розкриває сутність виробничої функції.

Дослідження в умовах ПАТ "Комбінат«Тепличний» показали найбільш суттєву залежність зростання врожайності від рівня енерговитрат на опалення теплиць. Найбільш ефективною нині є технологія компанії "Hortilife". При застосуванні такої технології витрати палива зменшуються майже вдвічі порівняно з "Антрацитівськими теплицями". Це насамперед зумовлено зростанням урожайності овочів.

Порівняння виробничих функцій у розрахунку динаміки врожайності в проміжку 30 – 70 кг/м² показало суттєве зростання витрат електроенергії – на 59,3 %, тоді як витрати теплової енергії зросли лише на 10,5 %, (рис. 2).

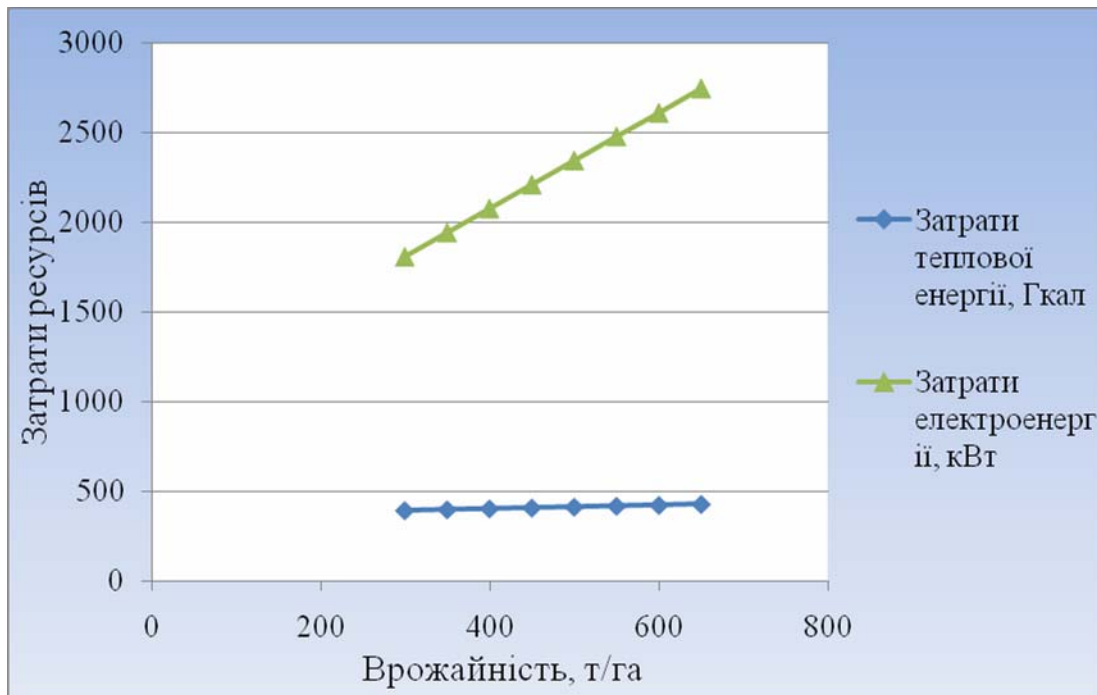


Рис. 2. Динаміка витрат енергетичних ресурсів залежно від запланованого рівня продуктивності теплиці

Джерело: розробка автора

Для зменшення різноманітності виробничих умов доцільно дослідити вплив деяких чинників на ефективність виробництва. Достовірні результати досліджень можна отримати, якщо підприємство або виробничі підрозділи виробляють більш-менш однорідну продукцію та знаходяться у схожих виробничих умовах. Проте Б. П. Дмитрук та Т. Б. Вітряк відмічають, що запропонований метод дозволяє за обмеженої наявності даних отримати об'єктивні результати ефективності діяльності підприємств [3]. У наших дослідженнях дано оцінку ефективності використання енергетичних і трудових ресурсів окремих виробничих підрозділів ПАТ "Комбінат "Тепличний".

Розроблення ефективної системи управління у виробничих підрозділах (цехах) та системи стимулювання праці через зростання кваліфікації працівників сприяють економії ресурсів, зростанню продуктивності праці, а відтак підвищенню показників ефективності.

Повна технічна ефективність спостереження $(x^0, y^0) \in T$ досягається тоді, коли це спостереження належить до технологічної межі. Для технічної ефективності виробництва таке буває лише тоді, коли $y^0 \in \partial P(x^0)$. І коли таке трапляється, то $TE_0(x, y)$ дорівнює одиниці, тобто свідчить про майже стовідсоткову ефективність. Математично це відображається як:

$$TE_0(x^0, y^0) = 1 \leftrightarrow (x^0) \quad (1)$$

Оцінка технічної ефективності виробництва, за Фарреллом, дуже практичний інструмент, оскільки його легко інтерпретувати. Зокрема, спостереження (x^0, y^0) технічно неефективне відносно ізокванти випуску або межі виробничих можливостей тоді, коли:

$$1 < TE_0(x^0, y^0) < \infty \quad (2)$$

де, $TE_0(x^0, y^0)$ – це скаляр, на який слід збільшити виробництво всіх продуктів вектора y^0 , але водночас вектор вхідних ресурсів x^0 і технологія $P(x)$ залишаються незмінними. Таким чином, число $(TE_0(x^0, y^0) - 1)$ можна назвати відсотком "неефективності" виробництва, де справжній рівень виробництва взято за основу розрахунків [2].

Продемонструємо оцінку технічної ефективності ресурсів за допомогою DEA-аналізу для виробничих умов ПАТ "Комбінат Тепличний" на прикладі спостережень у восьми цехах за чотири роки. Для розрахунку ми взяли два основні вхідні ресурси, витрати праці та енергетичні витрати для виробництва одного продукту (табл. 2).

Таблиця 2

Розрахунки ресурсної DEA-моделі

Вихідні дані для ресурсної моделі DEA, CRS						Результати ресурсної моделі DEA, CRS		
№ з/п (z)	Y	x ₁	x ₂	x ₁ /y	x ₂ /y	TE (θ)	Коеф. зваж.	
							Z ⁷	Z ³⁰
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2326	20278	127000	8,7	54,6	0.645	0.811	0.188
2	2535	28960	124000	11,4	48,9	0.547		1.044
3	2319	18877	104000	8,1	44,8	0.709	0.481	0.498
4	2616	21219	125000	8,1	47,8	0.702	0.732	0.382
5	2138	24818	104000	11,6	48,6	0.550		0.880
6	4983	31203	173000	6,3	34,7	0.921	1.067	1.039
7	2305	12768	86000	5,5	37,3	1.000	1.000	
8	2703	31199	118000	11,5	43,6	0.613		1.113
9	2843	30189	127000	10,6	44,7	0.599		1.170
10	2029	25317	98000	12,5	48,3	0.554		0.835
11	2745	31191	132000	11,4	48,1	0.556		1.130
12	2041	25874	94000	12,7	46,1	0.581		0.840
13	4371	42205	171000	9,7	39,1	0.684		1.800
14	2228	16339	82000	7,3	36,8	0.801	0.248	0.682
15	2401	16972	79000	7,1	32,9	0.841	0.091	0.902
16	2962	25233	116000	8,5	39,2	0.699	0.077	1.146
17	3035	25752	122000	8,5	40,2	0.699	0.166	1.092
18	2046	22145	93000	10,8	45,4	0.589		0.842
19	2897	25015	125000	8,6	43,1	0.680	0.310	0.899
20	2009	19953	86000	9,9	42,8	0.625		0.827
21	4738	33577	149000	7,1	31,4	0.851		1.951
22	2320	14062	68000	6,1	29,3	0.975	0.173	0.791
23	2511	15906	69000	6,3	27,5	0.974		1.034
24	2851	25389	100000	8,9	35,1	0.763		1.174
25	2870	23930	102000	8,3	35,5	0.753		1.182
26	2358	21408	88000	9,1	37,3	0.717		0.971
27	2944	26512	102000	9,0	34,6	0.772		1.212
28	2175	21094	88000	9,7	40,4	0.661		0.895
29	4562	32369	141000	7,1	30,9	0.866		1.878
30	2429	14539	65000	6,0	26,7	1.000		1.000
31	2381	15342	67000	6,4	28,1	0.951		0.980

Джерело: власні розрахунки автора

Аналіз оболонки даних (DEA) – це методика вимірювання технічної ефективності підприємств (галузі), що функціонують в різних економічних і природно-кліматичних умовах. Технічна ефективність виробництва (Decision Making Unit – DMU) визначається співвідношенням одержаної продукції до залучених у виробництво ресурсів. Суть даної моделі полягає в побудові виробничої функції на основі підприємств, які мають максима-

льний вихід продукції на одиницю ресурсу, інакше кажучи, ефективні підприємства утворюють межу ефективності виробництва. Визначення максимального виходу можливе на основі порівняння показників часткової ефективності використання ресурсів даного підприємства з показниками інших підприємств та побудови оболонки даних методом лінійного програмування [5].

Розрахунки DEA-моделі ми виконували за допомогою комп'ютерної програми DEAP. Щоб виконати дані розрахунки за допомогою цієї програми, необхідно передусім побудувати файл даних з кількістю спостережень щодо одного продукту та двох вхідних ресурсів.

Даний метод дуже реагує на спостереження, які істотно відрізняються від більшості інших спостережень (за кількістю використаних ресурсів, за розміром результативної ознаки). Щоб результати розв'язання не були спотвореними, доцільно такі спостереження не включати ув дослідження [1].

Співвідношення ресурси/продукт у ПАТ "Комбінат "Тепличний" зображені на рис. 3.

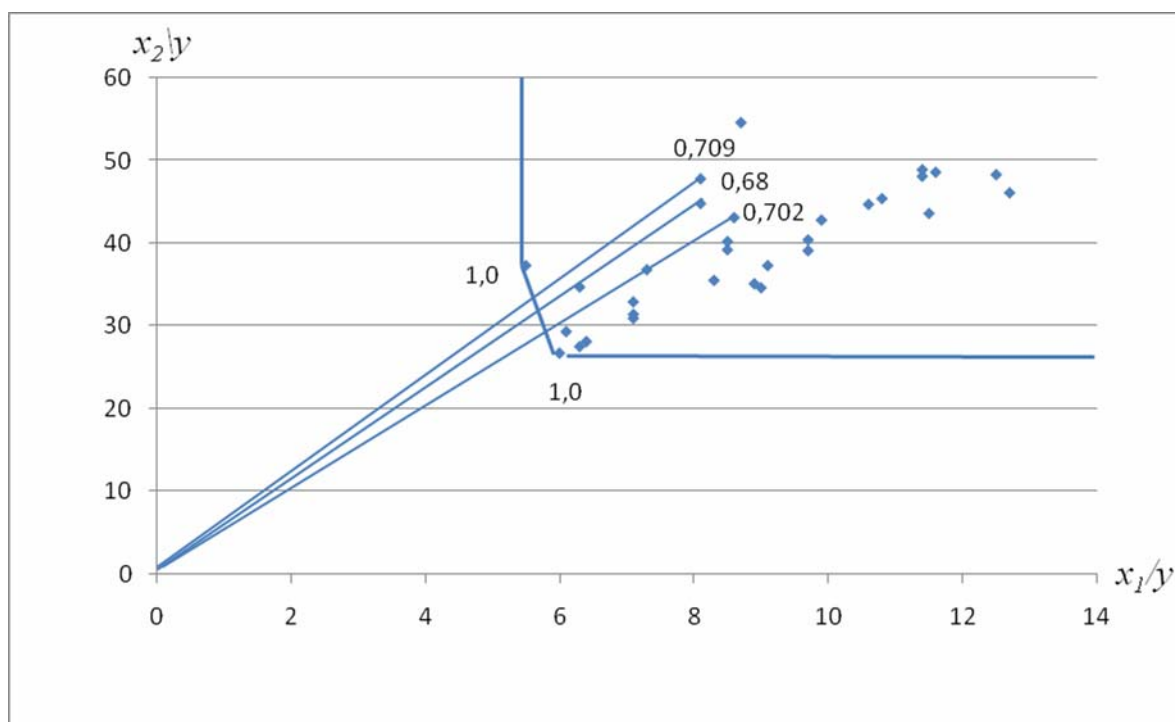


Рис. 3. Ресурсна модель DEA, CRS для ПАТ "Комбінат Тепличний"

Джерело: розробка автора

Встановлено межу, що відповідає розв'язанню моделі DEA, визначеної рівнянням:

$$TE_i(y_i, x_i) \equiv \min \theta z_1 \dots z_n \quad (3)$$

Проте слід пам'ятати, що ця межа є результатом розв'язання 31 задачі лінійного програмування. Наприклад, для точки 19 (цех № 4) ми можемо переписати рівняння (3) таким чином:

$$\underline{TE}_i(y_i^{19}, x_1^{19}, x_2^{19}) \equiv \min \theta z_1 \dots z_{31} \quad (4)$$

Значення θ , z^k , що дають мінімальне значення θ , представлені в табл. 2. Як бачимо, технічна ефективність цеху № 4 за технологією "антрацитівських теплиць" дорівнює 0,68. Тобто, цей підрозділ ПАТ "Комбінат Тепличний" міг би зменшити використання ресурсів на 32 % без зменшення виробництва продукції. Це означатиме виробництво у точці перетину на рис. 3. Орієнтовану на мінімізацію витрат модель в умовах постійної віддачі від масштабу, CRS (Constant Return to Scale) запропонували А. Чарнз, В. Купер і Е. Родес. Спроектвана точка перетину відображена на лінії, що з'єднує точки 7 і 30 найбільш ефективного цеху № 7 з голландською технологією, які мають $TE = 1,0$ і формують межу найбільшої ефективності

використання визначених виробничих ресурсів. Дані точки є однорівневими спостереженнями, що й очікується для ефективних значень, які визначають межу ефективності.

Отже, точки що відображають цех № 7 можна назвати *однорівневими* цеху № 4. Точка перетину 19' є лінійною комбінацією точок цеху № 7, а значення коефіцієнтів зважування у цій лінійній комбінації представлені в табл. 2.

Більшість досліджень, що використовують DEA-аналіз, говорять про *ціль* та про *однорівневі спостереження*. Метою цеху № 4 є координати ефективної проекції точки перетину (точка 19'). Вони дорівнюють $0,68 \times (8,6; 43,1) = (5,848; 29,308)$. Цех № 4 повинен намагатися виробляти свої 2897 одиниць продукту, використовуючи $2897 \times (5,848; 29,308) = (16942; 84905)$ одиниць двох вхідних ресурсів.

Подібний підхід можна застосувати й до решти неефективних цехів. Цехи № 3 і 4 (точки 3 і 4 відповідно) мають технічну ефективність (TE) 0,702 і 0,709 відповідно і той самий однорівневий цех, що й цех № 4 (точка 19).

Минуло лише 10 років відтоді, як ПАТ "Комбінат "Тепличний" ввів в експлуатацію нову теплицю компанії "Netafim", яка вже докорінно відрізнялась від тих технологій, що застосовувались у господарстві від початку його існування. Основою таких відмінностей було застосування теплиць високих блочних конструкцій та енергоефективних котлів для опалення (виробництво тепла і CO₂, контроль температури, вологості і рівня освітлення теплиць). Згодом на комбінаті було встановлено термоакумулятори, які також сприяли енергозбереженню.

У 2014 р. підприємство освоїло технологію компанії "Hortilife" (Нідерланди), яка вирізняється поміж інших застосуванням подвійного зашторювання, зонального обігрівання у теплиці та іншими інноваціями, які сприяли суттєвому скороченню витрат енергії – у 1,5 – 2 рази порівняно із старими теплицями.

Господарство Vos en Hoogenboom (Нідерланди) утримує тепличний комплекс, побудований із сучасних матеріалів. Для спорудження теплиці використали нове захисне матове скло. Воно не просто пропускає світло, а розщеплює його в особливий спосіб, завдяки чому більше світла потрапляє на нижні частини рослин. Наразі таке скло виробляють лише у Китаї та Індії, воно має втричі вищу вартість, ніж звичайне. На даху теплиці встановлені сонячні батареї із системою стеження, які обертаються слідом за рухом сонця [4].

Перспективні напрями вдосконалення технологій у тепличному господарстві:

- розроблення і застосування альтернативних джерел енергії;
- застосування режимів зашторювання (теплиці компанії "Netafim" – 1 штора, "Hortilife" – 2 штори);
- контроль параметрів мікроклімату і зонування режиму обігрівання теплиць;
- використання енергоефективних субстратів для живлення рослин;
- застосування нових матеріалів для будівництва теплиць (енергоефективне скло, металоконструкції та устаткування);
- ефективне поєднання енергоощадних технологій (теплові насоси, сонячні батареї, геотермальні джерела енергії та ін.).

Цей перелік може бути продовженим виходячи з досягнень сучасної науки.

Висновки. Порівняння виробничих функцій динаміки врожайності в проміжку 30 – 70 кг/м² показало суттєве зростання витрат електроенергії – на 59,3 %, тоді як витрати теплової енергії зросли лише на 10,5 % і витрати праці на 13,6 %, що спонукає до поглибленого аналізу ефективності використання виробничих ресурсів. За результатами аналізу встановлено пряму залежність обсягів виробництва овочів від витрат праці та енергоносіїв. Встановлено, що врожайність тепличних овочів (томати) можна збільшити на 10 кг/м², якщо залучити додаткові енергетичні ресурси в обсягах – теплової енергії – 10,2 Гкал та електроенергії – 270,4 кВт. Розроблення ефективної системи управління у виробничих підрозділах та системи стимулювання праці через зростання кваліфікації працівників сприяють економії ресурсів, зростанню продуктивності праці, а відтак підвищенню показників ефективності галузі.

Визначено технічну ефективність ресурсів за допомогою DEA-аналізу для ПАТ "Комбінат "Тепличний". Співвідношення ресурси/продукт показало межу, що відповідає розв'язанню моделі DEA, визначеної рівнянням.

На прикладі цеха № 4 за технологією "антрацитівських теплиць" ресурсна модель DEA для ПАТ "Комбінат "Тепличний" показала, що його технічна ефективність дорівнює 0,68. Тобто, цей підрозділ ПАТ "Комбінату "Тепличний" міг би зменшити використання ресурсів на 32 % без зменшення виробництва продукції. Встановлено, що точки найбільш ефективного цеху № 7 з "голландською" технологією, які мають $TE = 1$ формують межу найбільшої ефективності використання визначених виробничих ресурсів. Дані точки є однорівневими спостереженнями, що й очікується для ефективних значень, які визначають межу ефективності.

Список літератури

1. Андрійчук В. Г., Андрійчук Р. В. Метод аналізу оболонки даних (DEA) у вимірі та оцінці ефективності діяльності підприємств // Економіка АПК. – 2011. – № 7. – С. 8 – 88.
2. Дем'яненко С. І., Нів'євський О. В. Непараметричний аналіз в АПК: навч. посіб. – К.: КНЕУ, 2009. – 195 с.
3. Дмитрук Б. П., Вітряк Т. Б. Аналіз ефективності використання ресурсів галузі рослинництва сільськогосподарських підприємств Черкаської області з використанням метода data envelopment analysis (DEA) // Вісник Східноєвропейського університету економіки і менеджменту. – 2012. – Випуск 1 (11). – С. 138 – 147.
4. Досконалість новітніх голландських технологій // Агроексперт. – 2013. – № 1 (54). – С. 118 – 119
5. Макаруч О. Г. DEA-аналіз як метод прийняття альтернативних управлінських рішень // Науковий вісник НУБіП України. – 2012. – № 169.
6. Мамалуй О. О. Основи економічної теорії. [електронний ресурс]. – Режим доступу: http://pidruchniki.ws/12281128/politekonomiya/virobnicha_funktsiya
7. Петрученко Д. В. Мікроекономіка. [електронний ресурс]. – Режим доступу: http://lubbook.net/book_489.html

Непараметрический анализ оценки эффективности использования производственных ресурсов в тепличном хозяйстве

В. Ф. Иваненко

*Украинский научно-исследовательский институт
продуктивности агропромышленного комплекса*

Изучены основные аспекты эффективности использования энергетических и трудовых ресурсов в тепличном хозяйстве с применением метода DEA-анализа. Исследована динамика зависимости объемов расходов электроэнергии, тепловой энергии и других ресурсов от уровня урожайности и показателей эффективности предприятия.

Nonparametric analysis evaluating the effectiveness of using productive resources in greenhouses

V. Ivanenko

*The Ukrainian scientific research institute
of efficiency of agriculture*

The basic aspects of the efficient use of energy and labor in greenhouses using the method of DEA-analysis. The dynamics depending on the volume of power consumption, heat, and other resources on the level of productivity and performance of the company.