

Харів П.С., к.е.н., доцент,
професор кафедри економіки
підприємств і корпорацій ТАНГ,
Чорний Р.С., викладач
кафедри статистики ТАНГ

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ МЕЖ ЗАСТОСУВАННЯ АСУ ТП

Запропоновано мікроекономічну модель визначення оптимальних границь застосування автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУ ТП).

На основі використання програми Microsoft Excel проілюстровано знаходження оптимального обсягу випуску продукції при впровадженні АСУ ТП виробництва інтегральних схем на заводі електронної промисловості графоаналітичним методом.

Важливим завданням розвитку національної економіки на сучасному етапі є підвищення ефективності суспільного виробництва шляхом активізації інноваційної діяльності підприємств, а отже на основі впровадження досягнень технічного прогресу. Перш за все це стосується технічних інноваційних процесів, таких, як впровадження нових видів продукції і нових технологічних процесів.

Покажемо, на наш погляд, є впровадження одного з найбільших відкриттів минулого століття, що спричинило науково-технічну революцію, – винаходу напівпровідникових приладів, а пізніше й інтегральних схем. Власне радіoeлектронній апаратурі на інтегральних схемах, що використовується сьогодні майже всіма галузями промисловості, відводиться особлива роль у прискоренні темпів зростання продуктивності суспільної праці. Сьогодні першочергового значення набувають питання оцінки впливу всіх чинників на економічну ефективність радіoeлектронної апаратури на інтегральних схемах, а також визначення оптимальних меж її виробництва.

На відміну від процесів виробництва апаратури на дискретних елементах, кожен з яких упаковується в різний за формою та розміром корпус, виробництво радіoeлектронної апаратури на інтегральних схемах, які упаковані в стандартні корпуси, можна в значній мірі автоматизувати. При цьому можливе використання автоматизованих систем управління технологічними процесами.

Автоматизовані системи управління технологічними процесами впроваджуються у тих випадках, коли маємо справу з масовим продуктом, тобто таким, потреба суспільства в якому значно перевищує можливості підприємства з випуску цього продукту. Отже, крім нашого підприємства, існує ряд підприємств, що випускають дану продукцію. А це значить, що підприємство працює в умовах досконалої конкуренції – коли на ринку існує значна кількість виробників певного продукту і потреба в ньому практично не обмежена. При цьому жоден з окремо взятих продавців чи покупців товару не може суттєво вплинути на його ціну. Такими масовими продуктами в приладобудуванні є компоненти радіoeлектронної апаратури, такі, як резистори, транзистори, конденсатори, інтегральні схеми тощо.

Визначення оптимальних меж застосування АСУ ТП пов'язане з оптимізацією показників виробничо-господарської діяльності підприємства. Серед головних показників, що обумовлюють оптимальні межі використання АСУ ТП, є випуск продукції, який оптимізується за різними критеріями (досягнення максимального прибутку або мінімальних витрат). Аналіз виробничих та інвестиційних процесів на підприємстві охоплює моментальний, короткий чи тривалий період.

В моментальному періоді всі чинники виробництва (капітал і праця) є величинами постійними. В короткому періоді капітал (капітальні вкладення) є величиною постійною, а праця (поточні витрати) – змінною. У тривалому періоді всі чинники виробництва є величинами змінними, що дозволяє підприємству впливати навіть на його розмір. Так, із введенням АСУ ТП змінюється

технологічний процес виробництва продукції, залучаються у виробництво нові виробничі фонди, ліквідуються старі, має місце рух робочої сили, змінюється величина запасів матеріальних ресурсів тощо. Ось чому з метою оптимізації обсягу випуску продукції підприємства в умовах функціонування АСУ ТП використовуємо методику оптимізації в тривалому періоді. При цьому вважаємо, що підприємство приймає рішення про обсяг виробництва на основі максимізації прибутку, що за умови, коли ціна встановлюється ринком, є рівнозначним мінімізації витрат на виробництво (при незмінній структурі випуску).

Оптимальний обсяг виробництва продукції підприємства в тривалому періоді знаходиться в точці перетину середніх і граничних валових витрат. У цьому випадку потрібно чітко визначити, які витрати є постійними, незалежними від зміни обсягу виробництва, а які – змінними, тобто такими, що змінюються зі зміною обсягу випуску продукції.

При незначних обсягах випуску продукції автоматизація може бути недоцільною, а в умовах масового виробництва впровадження АСУ ТП, як правило, високоефективне. Отже, існує певний обсяг випуску продукції, при якому є рівнозначним автоматизувати чи не автоматизувати технологічний процес. Це і є мінімально допустимий обсяг ($Q_{\min}$), при якому (рівнозначно, яку технологію використовувати) вже доцільно впроваджувати АСУ ТП. За цієї умови теперішні приведені витрати при неавтоматизованому виробництві дорівнюють приведеним витратам при використанні АСУ ТП. Отже, можна записати рівняння:

$$C_1 \cdot Q_{\min} + H_{\text{пр}} \cdot K_1 = C_2 \cdot Q_{\min} + H_{\text{пр}} \cdot K_2. \quad (1)$$

Звідси можна записати:

$$C_1 \cdot Q_{\min} - C_2 \cdot Q_{\min} = H_{\text{пр}} \cdot K_2 - H_{\text{пр}} \cdot K_1. \quad (2)$$

Звідси:

$$(C_1 - C_2) \cdot Q_{\min} = (K_2 - K_1) \cdot H_{\text{пр}}. \quad (3)$$

Якщо врахувати, що $(K_2 - K_1)$ – додаткові витрати на впровадження автоматизованого технологічного процесу K , то можна записати:

$$Q_{\min} = \frac{H_{\text{пр}} \cdot K}{C_1 - C_2}, \quad (4)$$

де, $H_{\text{пр}}$ – середня норма прибутку (відносні одиниці) в галузі де впроваджується АСУ ТП; C_1 і C_2 – собівартість одиниці продукції до і після автоматизації технологічних процесів відповідно.

Знаючи $Q_{\min}$, завжди можна прийняти правильне рішення про доцільність впровадження АСУ ТП.

При обсязі виробництва $Q = 0$ постійні витрати дорівнюють валовим. Щоб отримати валові витрати, слід змінні витрати додати до постійних. Середні витрати на одиницю продукції визначаються діленням валових витрат на кількість одиниць продукції:

$$B_{\text{сер}} = \frac{B_{\text{вал}}}{Q} \quad (5)$$

де $B_{\text{сер}}$ – середні витрати на одиницю продукції в довготерміновому періоді; $B_{\text{вал}}$ – валові витрати на річний обсяг випуску продукції; Q – річний обсяг випуску продукції у натуральних одиницях.

Для визначення оптимального обсягу випуску продукції, що забезпечує максимальний прибуток, необхідно прирівняти середні і граничні витрати.

Під граничними витратами розуміють приріст валових витрат, пов'язаний з одиничним (безмежно малим) приростом випуску продукції. Вони можуть визначатися за формулами:

$$V_{\text{гр}} = \frac{\Delta V_{\text{вал}}}{\Delta Q} \quad \text{або} \quad V_{\text{гр}} = \frac{\partial V_{\text{вал}}}{\partial Q}, \quad (6)$$

де, $V_{\text{гр}}$ – граничні витрати в довготерміновому періоді; $\Delta V_{\text{вал}}$ і $\partial V_{\text{вал}}$ – приріст валових витрат на одиничний і безмежно малий приріст випуску продукції відповідно; ΔQ і ∂Q – одиничний і безмежно малий приріст випуску продукції відповідно.

Зрозуміло, що постійні витрати – це витрати на будівництво приміщень, придбання обладнання тощо, що не залежать від обсягу виробництва продукції. Змінні витрати – це витрати, що збільшуються з кожною додатково випущеною одиницею продукції (матеріальні і трудові витрати в розрахунку на одиницю продукції). Коли продукція не випускається, змінні витрати дорівнюють нулю. Зі збільшенням випуску продукції вони спочатку зростають дуже швидко, але потім, внаслідок дії чинника економії на масовому виробництві їх зростання уповільнюється в порівнянні зі зростанням (розширенням) виробництва. Однак при дальшому зростанні виробництва, коли починає діяти закон спадаючої дохідності при інших незмінних чинниках, змінні (поточні) витрати починають зростати швидше, ніж зростає виробництво.

Середні валові витрати спочатку високі внаслідок того, що доволі значні постійні витрати розподіляються на незначний випуск продукції. При випуску одиниці продукції середні витрати дорівнюють постійним, тобто надзвичайно великі, але вони швидко знижуються зі зростанням виробництва, адже тепер постійні витрати майже не впливають на них. Тут більшого значення набувають змінні витрати. Отже, можна зазначити, що крива середніх витрат спочатку спадає, оскільки постійні витрати діляться на щораз більшу кількість продукції та в результаті економії на масовому виробництві, а пізніше починає зростати через дію закону спадаючої дохідності (див. рис.1.).

Оскільки підприємця цікавить, при якому обсязі виробництва він отримає максимальний прибуток, нас цікавить точка на кривій середніх витрат, де вони мінімальні (в ній найнижча собівартість одиниці продукції, а отже, найвищий прибуток при сталій ціні).

Як зазначалося, для виявлення цієї точки достатньо прирівняти середні та граничні витрати, оскільки крива граничних витрат завжди перетинає криву середніх витрат у її мінімумі як зображено на рис.1.

Розрахуємо оптимальний обсяг виробництва продукції, потреба ринку в якій є значною, при впровадженні автоматизованих систем управління технологічними процесами.

В якості прикладу візьмемо умовні числа про виробництво інтегральних схем, що широко застосовуються підприємствами радіопромисловості при виробництві радіоапаратури, на заводі електронної промисловості "Полярон" (м. Львів).

Слід пам'ятати, що валові витрати є сумою постійних і змінних витрат. Середні витрати – це валові витрати в розрахунку на одиницю продукції. Граничні витрати знаходимо як співвідношення приросту валових витрат до приросту обсягу виробництва. У даному випадку під постійними витратами розумімо витрати на впровадження автоматизованих систем управління технологічними процесами. Отже, вони стосовно базового варіанта також змінилися. Значить твердження, що в довготерміновому періоді всі витрати повинні бути змінними є правильним.

Вихідні дані подано у вигляді табл. 1.

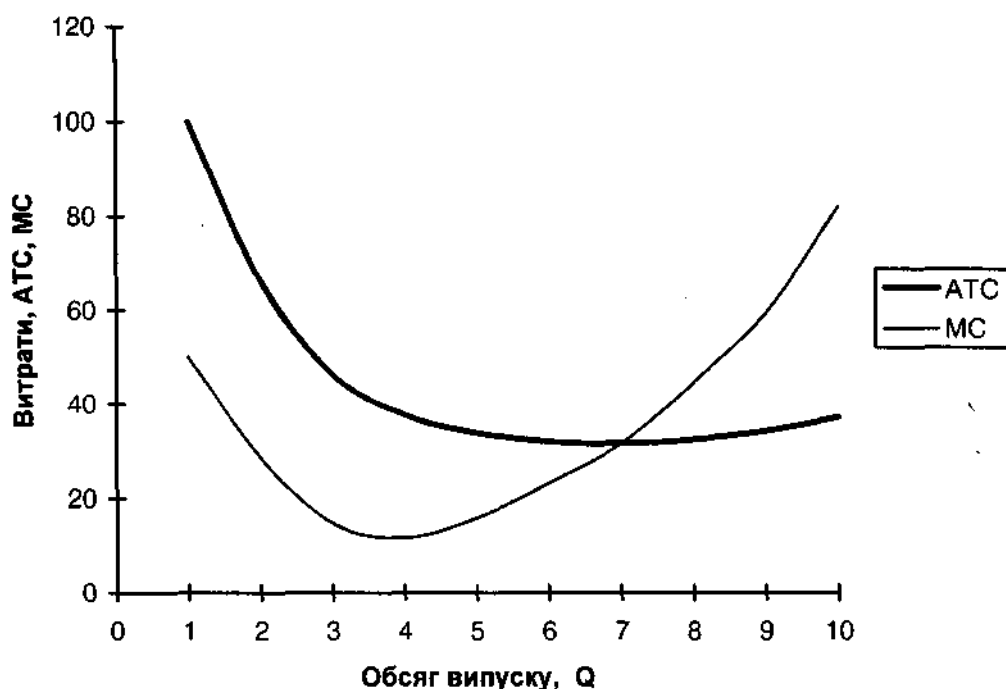


Рис. 1. Розрахунок оптимального обсягу випуску продукції

Таблиця 1

Вихідні дані для розрахунку оптимального обсягу виробництва мікросхем

Річний обсяг випуску продукції Q, млн. шт.	Постійні витрати FC, млн. грн.	Змінні витрати VC, млн. грн.	Валові витрати TC, млн. грн.	Середні витрати ATC, грн./шт.	Граничні витрати MC, грн./шт.
0	50	0	50	-	-
1	50	50	100	100	50
2	50	92	142	71	42
3	50	115	165	55	23
4	50	118	168	42	3
5	50	130	180	36	12
6	50	148	198	33	18
7	50	170,5	220,5	31,5	22,5
8	50	210,8	260,8	32,6	40,3
9	50	256	306	34	45,2
10	50	340	390	39	84

Визначимо мінімальний обсяг виробництва мікросхем, при якому доцільне впровадження АСУ ТП за формулою (4), прийнявши попередньо, що норма прибутку в електронній промисловості $H_{np} = 0,15$ (рентабельність виробу – 15%), а собівартість одиниці продукції знизилася з 33,0 до 31,5 грн./шт.

$$Q_{min} = \frac{0,15 \times 50}{33,0 - 31,5} = 5 \text{ млн. шт.}$$

Отже, можна зробити висновок, що мінімально допустимим обсягом виробництва мікросхем, при якому вже доцільно впроваджувати АСУ ТП є обсяг – 3,5 млн. шт.

На основі даних табл. 2. знайдемо оптимальний обсяг річного випуску продукції порівнявши граничні і середні валові витрати.

Таблиця 2

Середні і граничні валові витрати

АТС	МС	АТСmax
100	50	35
71	42	35
55	23	35
42	3	35
36	12	35
33	18	35
31,5	22,5	35
32,6	40,3	35
34	45,2	35
39	84	35

Побудову графіків і знаходження аналітичної залежності їх тренду (рис. 1.) здійснимо на персональному комп'ютері з допомогою програми Microsoft Excel.

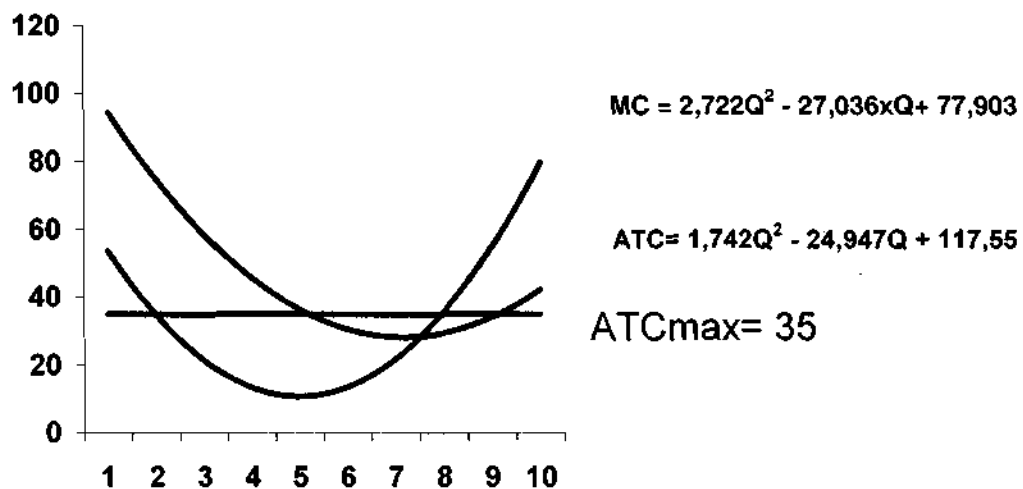


Рис.2. Графіки та аналітичні залежності тренду граничних і середніх валових витрат

Як зазначалося, оптимальне значення обсягу виробництва буде в точці перетину кривих, а це значить, що розв'язок можна знайти порівнявши ці функції. Звідси й одержимо квадратне рівняння:

$$0,98Q^2 - 2,089Q - 39,647 = 0$$

Розв'язавши рівняння, знайдемо, що оптимальним (тим, що забезпечує найнижчу собівартість, а отже, і максимальний прибуток) буде обсяг виробництва $Q_{opt} = 7,5$ млн. шт./рік.

Як раніше зазначалося, $Q_{min} = 5$ млн. шт./рік. Підтвердити дане положення можна дослідивши на екстремум (продиференціювавши) функцію граничних витрат, при цьому одержимо $Q_{min} = 4,966$ млн. шт./рік. Підставивши це значення у рівняння середніх валових витрат, одержимо максимальне значення середніх

валових витрат (собівартості), при яких можна впроваджувати АСУ ТП. Вони складають $АТС_{\max} = 35$ грн./шт. Максимальний річний обсяг випуску продукції, при якому середні валові витрати ще залишаються в межах 35 грн./шт., на графіку знаходиться шляхом проведення горизонталі на рівні $АТС_{\max} = 35$ грн./шт. Він становитиме 9,5 млн. шт./рік. Аналогічний результат можна отримати аналітичним шляхом, підставивши значення $АТС_{\max} = 35$ грн./шт. у рівняння АТС.

Підсумовуючи, можемо зауважити, що АСУ ТП доцільно впроваджувати за умов, коли на виробництві буде запланований обсяг випуску продукції в межах від 5 до 9,5 млн. шт./рік.

Підставивши в рівняння середніх валових витрат оптимальний обсяг виробництва мікросхем $Q_{\text{opt}} = 7,5$ млн. шт./рік, можемо зробити висновок, що при цьому буде досягнуто найнижчих витрат $АТС_{\text{opt}} = 28,24$ грн./шт. Отже при цьому обсязі виробництва підприємство буде одержувати максимальний прибуток від реалізації кожної одиниці продукції.

Література

1. Васильев Г. А., Лапаев Ю. В. Экономическая эффективность гибкой автоматизации машиностроения. – М.: Изд-во МАИ, 1990. – 108 с.
2. Завлин П. Н., Васильева А. В. Оценка эффективности инноваций. – С. Пб.: Издательский дом "Бизнес-Пресса", 1998. – 216 с.
3. Кардаш В. Я. Товарна інноваційна політика: Навч. посібник. – К.: КНЕУ. – 1999. – 124 с.
4. Маскарев Р.Ю., Горнштейн М.Ю. АСУ ТП в машиностроении. Методы обоснования. – М.: Машиностроение, 1984. – 84 с.
5. Матвеев М.Г., Гаца А.А., Якунин А.А. Эффективность АСУ. – К.: Техніка, 1989. – 152 с.
6. Методические указания по определению экономической эффективности автоматизированных систем управления дискретными технологическими процессами (АСУ ДТП). – Пермь: НИИУМС, 1985. – 91 с.
7. Санто Б. Инновация как средство экономического развития: пер. с венг.. – М.: Прогрес, 1990. – 296 с.
8. Теисс Б. Управление научно-техническими нововведениями: Сокр. пер. с англ. – М.: Экономика, 1989. – 271 с.
9. Харие П.С. Техничко-економическая эффективность радиоэлектронной аппаратуры на интегральных схемах. – Тернополь: ТКИ, 1995. – 142 с.