Компьютерная Математика

УДК 681.3

О.А. ХОРОЗОВ

МАТРИЧНИЙ ПІДХІД РОЗРАХУНКУ ВАРТОСТІ ВИРОБНИЦТВА

Застосовано метод функціонального аналізу для оцінки вартості програми виробництва та операційних витрат. Використано узагальнене математичне рішення взаємного розподілу витрат, проведено розрахунок вартості продукції та аналіз ефективності виробничої лінії.

© О.А. Хорозов, 2013

Вступ. Результативність діяльності підприємства залежить від планування ресурсів і управління процесом виробництва товарів, послуг. Застосування функціональних моделей для розподілу ресурсів відповідно технологічного процесу забезпечує ефективність реалізації виробничих програм. Аналіз моделей призначено для вдосконалення процесів з точки зору порівняння витрат за окремими видами діяльності, відстеження споживання ресурсів з урахуванням часового тренду та запровадження інструментів оптимізації фінансових витрат. Метод функціонально-вартісного аналізу, оцінює вартість і ефективність операційних функцій, визначає вартість продукції, вказує на продуктивність виробництва. Розрахунок проводиться на основі обсягу очікуваних витрат, відповідно до розділів загального бюджету підприємства, а саме: прогнозу продажу продукції; потужності підприємства; бюджету витрат основних матеріалів і заробітної плати; бюджету накладних, комерційних і адміністративних витрат.

Дані функціональної моделі, пов'язані зі споживанням ресурсів, мають бути узгоджені з системою рахунків бухгалтерського обліку, для проведення порівняльного аналізу за фактом планових показників виробництва. У цьому сенсі важливо щоб інформація була представлена через ключові показники виконання виробничих програм для прийняття управлінських рішень. Використання даних

відбувається за рахунок формування звітів за період проведення оцінки.

Розподіл витрат по виробничих підрозділах підприємства. Функціональні підрозділи підприємства поділені на виробничі та допоміжні центри витрат відповідно до їх технологічних функцій. Розподіл витрат допоміжних підрозділів по виробничих підрозділах полягає у використанні алгебраїчних методів щодо одночасного вирішення системи алгебраїчних рівнянь. Система рівнянь потребує попереднього розрахунку коефіцієнтів, які формуються відповідно до послуг допоміжних підрозділів наданих виробничим підрозділам. Основне завдання методу полягає у взаємному розподілі витрат допоміжних служб по експлуатаційних підрозділах для обчислення вартість послуг. Розрахунок є важливим, якщо потрібна оцінка вартості внутрішніх послуг по відношенню до зовнішніх закупівель. Каплан [1] запропонував узагальнене математичне рішення цієї задачі, використавши матрицю «витрати-випуск» економічної моделі Леонтьєва та методи лінійної алгебри.

Баланс ресурсів підприємства характеризує зв'язок між об'єктами системи, тобто підрозділами. В основу покладено принцип узгодження витрат і випуску продукції окремими підрозділами. Припустимо, що є m виробничих підрозділів P_j з витратами D_j та n допоміжних підрозділів S_i з витратами $D_{m=i}$. Тоді табл. 1 виробничого балансу має вигляд.

ТАБЛИЦЯ 1. Виробничий баланс

Підрозділи	Основне виробництво					Допоміжне виробництво					Обіг
	*P*1	…	*Pj*	…	*Pm*	*S*1	…	*Si*	…	*Sn*	
*P*1	$x_{1,1}$										*D*1
…		…									…
Pj			$x_{j,j}$								*Dj*
…				…							…
Pm					$x_{m,m}$						*Dm*
*S*1											*D*(*m*+1)
…											…
Si			*X*(*n*,*m*)					*X*(*n*,*n*)			*D*(*m*+*i*)
…											…
Sn											*D*(*m*+*n*)
Споживання	X_1		X_j		X_m	X_{m+1}		X_{m+i}		X_{m+n}	*C*

Тут $C = \sum_i^{(m=n)} X_i = \sum_i^{(m=n)} D_i$. Для застосування математичної моделі балансу використаємо нормовані коефіцієнти витрат $k_{i,j} = X_{i,j} / D_j$, які визначають видатки i-го підрозділу на виробництво j-го підрозділу, через показники балансових рівнянь $X_{i,j}$ та витрати D_j. Коефіцієнти $k_{i,j}$ утворюють матрицю $(m = n)$-го порядку, які є постійними на заданому проміжку часу.

Далі припустимо, що S_i споживає частину ресурсів на себе, та надає послуги іншим $(n-1)$ допоміжним підрозділам у пропорції $k_{i,j} \to S_{i,j}$, а також надає послуги m виробничим підрозділам у пропорції $k_{i,j} \to \rho_{i,j}$. Коли $i = j$ коефіцієнт $s_{i,j}$ відповідає власному споживанню ресурсів. Слід зазначити, що для кожного *i*-го підрозділу має місце співвідношення $\sum_j^m \rho, j + \sum_j^n s_{i,j} = 1$. Коефіцієнти витрат підрозділів підприємства приведено в табл. 2.

ТАБЛИЦЯ 2. Коефіцієнти витрат

Підрозділи	Основне виробництво					Допоміжне виробництво				
	*P*1	…	*Pj*	…	*Pm*	*S*1	…	*Si*	…	*Sn*
*P*1	1									
…		…								
Pj			1							
…				…						
Pm					1					
*S*1	$\rho_{m+1,1}$	…	$\rho_{m+j,1}$	…	$\rho_{m+1,m}$	$s_{m+1,m+1}$	…	$s_{m+1,t}$	…	$s_{m+1,m+n}$
…										
Si	$\rho_{m+i,1}$	…	$\rho_{m+j,j}$	…	$\rho_{m+j,1}$	$s_{m+1,m+1}$	…	$s_{m+i,i}$	…	$s_{m+1,m+n}$
…										
Sn	$\rho_{m+n,1}$	…	$\rho_{m+n,j}$	…	$\rho_{m+1,m}$	$s_{m+n,m+1}$	…	$s_{m+n,n+1}$	…	$s_{m+n,m+n}$

Матриця «витрати-випуск» $V\left[(m+n)\times(m+n)\right]$ складається з чотирьох квадрантів:

$$V\left[(m+n)\times(m+n)\right] = \begin{pmatrix} I(m\times m) & 0(m\times n) \\ P(n\times m) & S(n\times n) \end{pmatrix},$$

де $I(m\times m)$ – одинична матриця *m*-го порядку; $0(m\times n)$ – нульова матриця; $P(n\times m)$ – матриця споживання ресурсів виробничими підрозділами *Pi*; $S(n\times n)$ – матриця споживання ресурсів допоміжними підрозділами *Si*.

Для вирішення системи лінійних рівнянь, введемо наступні позначення: $D_n = D(n\times 1)$ – вектор вартості ресурсів допоміжних підрозділів; $I_n = D(n\times n)$ – одинична матриця *n*-го порядку; $S_{nn}^T = S^T(n\times n)$ – транспонована матриця коефіцієнтів витрат допоміжних підрозділів між собою; $P_{nm}^T = P^T(n\times m)$ – транспонована матриця коефіцієнтів витрат допоміжних підрозділів на виробничі підрозділи.

Методологія розрахунку витрат сформульована наступним чином [2]: вектор перерозподілу витрат S_n підрозділів S_i між собою визначається як:

$$S_n = (I_n - S_{nn}^T)^{-1} D_n.$$

Вектор розподілу витрат P_m підрозділів S_i по підрозділах P_i визначається як:

$$P_m = P_{nm}^T (I_n - S_{nn}^T)^{-1} D_n.$$

Метод полягає в одночасному вирішенні системи рівнянь *n* змінних:

$$s_i = d_i + \sum_j k_{sj}\, s_j,$$

$$p_i = d_i + \sum_j k_{sj}\, s_j,$$

де s_i – вартість допоміжного підрозділу *i*; p_i – вартість виробничого підрозділу *i*; d_i – прямі витрати підрозділу *i*; i – отримувач послуг; j – надавач послуг.

Матричний підхід спрощує використання методу взаємного розподілу витрат на операційні підрозділи. Точний розрахунок надає економічний сенс інформації для прийняття управлінських рішень.

Розрахунок вартості продукції. Облік ресурсів підприємства базується на розподілі підрозділів за видами діяльності з визначенням їх витрат. Якщо підрозділи розглядати з точки зору випуску продукції, доцільно впровадити поняття прямі та непрямі витрати на продукцію. До прямих витрат належать матеріали та трудові ресурси. До непрямих витрат – амортизація, витрати електроенергії, послуги зі сторони тощо. Для розподілу непрямих витрат на продукції використаємо методологію функціонально-вартісного аналізу.

Методологія полягає у впровадженні провідників ресурсів і провідників діяльності. Провідники витрат це одиниці логічного підґрунтя розподілу вартості. Провідники ресурсів – підстава для розподілу ресурсів на діяльність, тоді як провідники діяльності є основою для розподілу операційних витрат на продукцію.

Процес виробництва передбачає наявність технологічної карти, яка складається з набору n операцій від 1 до *N*. Тобто, потрібен розподіл N операційних витрат на продукцію. Операційні витрати характеризують провідники витрат. Норма витрат на операцію визначаться відношенням витрат діяльності за період до кількості провідників витрат.

Аналіз операційної діяльності складається з наступних кроків: визначення операцій та відповідних провідників діяльності; визначення непрямих та накладних витрат виробничого підрозділу; визначення провідників витрат на операції у кількісному вимірі, відповідно до планування випуску продукції; розрахунок норм витрат на операційну діяльність; розрахунок вартості операцій; розподіл операційних витрат відповідно до технологічної карти.

Впровадження провідників операційної діяльності дозволяє провести розрахунок вартості продукції за формулою:

$$C_i = D_i + \sum_j R_j A_{ij},$$

де C_i – вартість продукції *i*; D_i – прямі витрати продукції *i*; $A_{i,j}$ – кількість провідників діяльності *j*, використаних на продукцію *i*; R_j – норма витрат на операцію *j*, яка розраховується за формулою:

$R_j =$ (вартість операції *j* за період) / (кількість операцій *j* за період).

Принцип розподілу витрат на продукцію показано на рисунку.

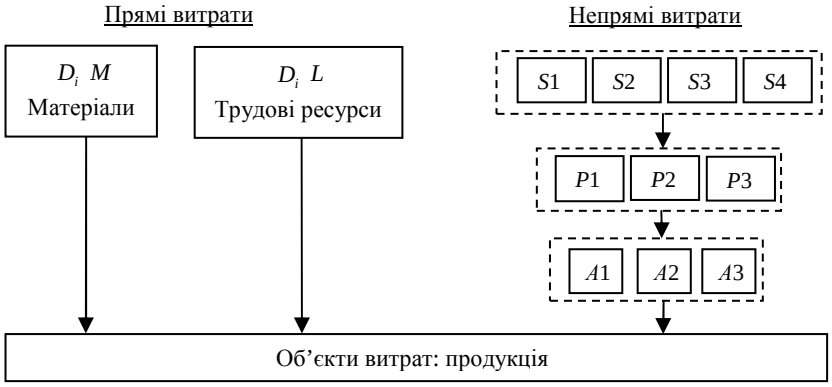

РИСУНОК. Розподіл прямих та непрямих витрат на операційну діяльність

У загальному випадку для кожного виробничого підрозділу визначається набір n – операцій для розрахунку норм витрат на продукцію. Для спрощення розрахунків припустимо, що кожний підрозділ відповідає за виконання однієї операції. Тоді виробництво кінцевої продукції обумовлено розподілом операційних витрат за одним коефіцієнтом.

Приклад взаємного розподілу витрат та розрахунку вартості продукції. Наступний приклад демонструє матричний підхід для взаємного розподілу витрат. Розглянемо три операційні підрозділи *P*1, *P*2, *P*3, які відрізняються за видами діяльності або типами продукції, та чотири допоміжні підрозділи *S*1, *S*2, *S*3, *S*4. Елементи витрат, відповідно до обсягу очікуваного продажу продукції та норм використання ресурсів приведені в табл. 3.

ТАБЛИЦЯ 3. Ресурсні витрати підрозділів

Підрозділ	Матеріали	Оплата праці	Амортизація	Знос оснащення	Інші послуги	Енергія	Комунальні послуги	Витрати підрозділу
*P*1	21259	24840	130	1800		100	851	48980
*P*2	7086	13800	142	400		70	1701	23200
*P*3	7086	24840	127	900	4500	70	1701	39225
*S*1	886	14490	480	270		50	425	16601
*S*2	533	2760	65	180		25	1701	5264
*S*3	1772	16560	322	186	3000	100	851	22790
*S*4	886	8280	520	400	2000	30	425	12541
Витрати	39508	105570	1786	4136	9500	445	7655	168600

Баланс ресурсів підприємства це таблиця, що характеризує зв'язок між об'єктами системи. В основу балансу підприємства покладено принцип узгодження витрат і випуску продукції окремими підрозділами.

В залежності від функцій допоміжних підрозділів S_i, визначаються провідники розподілу послуг, які надаються допоміжним і виробничим підрозділам. Провідники витрат це одиниці логічного підґрунтя розподілу витрат ресурсів на діяльність підрозділів. Наприклад, щодо комунальних послуг, як провідник витрат можна вибрати кубатуру, щодо адміністративних витрат – кількість співробітників підрозділу і т. д.

Після визначення розподілу витрат діяльності допоміжних підрозділів S_i формуємо балансову матрицю «витрати-випуск», використавши дані щодо виробничих підрозділів (табл. 4).

ТАБЛИЦЯ 4. Балансова матриця «витрати-випуск»

	Споживачі продукції, послуг (проміжне споживання)							
	Основне виробництво			Допоміжне виробництво				
Підрозділи	*P*1	*P*2	*P*3	*S*1	*S*2	*S*3	*S*4	Обіг
*P*1	48980							48980
*P*2		23200						23200
*P*3			39225					39225
*S*1	3557	2372	3557	2372	1186	2372	1186	16601
*S*2	2833	944	944	118	71	236	118	5264
*S*3	9918	2204	4959	1488	992	1025	2204	22790
*S*4	7525	2508	2508	0	0	0	0	12541
Разом споживання	72813	31228	51193	3977	2249	3633	3508	168600
Додана вартість	21844	9368	15358	1193	675	1090	1052	50580
у т.ч. прибуток	7281	3123	5119	398	225	363	351	16860
у т.ч. податки	14563	6246	10239	795	450	727	702	33720
Валова продукція	94656	40596	66552	5171	2923	4722	4560	219180

Крім операційних витрат виробництва балансова матриця передбачає планову додану вартість, для даного розрахунку визначена 30 % рентабельність, а також валову продукцію.

Транспонована матриця коефіцієнтів витрат (табл. 5).

ТАБЛИЦЯ 5. Розподіл витрат

Підрозділи	P1	P2	P3	S1	S2	S3	S4	Попередній розподіл
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
*P*1	100%	0%	0%	21%	54%	44%	60%	48980
*P*2	0%	100%	0%	14%	18%	10%	20%	23200

Закінчення табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
*P*3	0%	0%	100%	21%	18%	22%	20%	39225
*S*1				14%	2%	7%	0%	16601
*S*2				7%	1%	4%	0%	5264
*S*3				14%	4%	4%	0%	22790
*S*4				7%	2%	10%	0%	12541
Сума	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	168600

Вектор перерозподілу витрат s_n підрозділів S_i між собою, використовуючи вектор d_n витрат допоміжних підрозділів, розраховується наступним чином:

s_n		$(I_n - S_{nn}^T)^{-1}$					d_n
21674		1,18	0,03	0,08	0,00		16601
8118	=	0,09	1,02	0,05	0,00	×	5264
27486		0,18	0,05	1,06	0,00		22790
16929		0,10	0,03	0,11	1,00		12541

Вектор розподілу витрат p_m підрозділів S_i по підрозділах P_i, тобто непрямих витрат щодо виробничих підрозділів.

P_m		P_{nm}^T					s_n
31132		0,21	0,54	0,44	0,60		21674
10596	=	0,14	0,18	0,10	0,20	×	8118
15467		0,21	0,18	0,22	0,20		27486
							16929

Використовуючи витрати виробничих підрозділів (табл. 4) та вектор p_m, як накладні витрати, остаточно отримуємо загальні витрати (табл. 6).

ТАБЛИЦЯ 6. Загальні витрати виробничих підрозділів

Підрозділи	Витрати	Накладні витрати	Загальні витрати
*P*1	48980	31132	80112
*P*2	23200	10596	33796
*P*3	39225	15467	54692
Разом:	111404	57196	168600

Розрахунок загальних витрат (табл. 5) має збігатися з витратами діяльності підприємства за звітний період (форма № 2 «Фінансові результати»).

Після оцінки вартості внутрішніх послуг на виробництво, наступним кроком необхідно розподілити непрямі витрати на окремий вид продукції. Використовуючи елементи витрат підрозділів (табл. 3), розділимо витрати виробничих підрозділів (табл. 6) на прямі витрати щодо виробництва продукції (табл. 7).

ТАБЛИЦЯ 7. Витрати виробничих підрозділів

Підрозділ	Прямі витрати	Непрямі витрати	Накладні витрати	Обіг
*P*1	46099	2881	31132	80112
*P*2	20886	2313	10596	33796
*P*3	31926	7298	15467	54692
Разом:	98912	12492	57196	168600

Кількісне значення провідників витрат визначається відповідно до технологічних умов при плануванні виробництва продукції. Тобто, якщо для випуску n – одиниць продукції i-го типу підрозділу P_j треба виробити m – компонент, то провідник витрат виробництва розраховується як $\sum_i m_i \times n_i$, де i – тип продукції. Після визначення непрямих витрат та провідників для цих витрат розраховуються норми щодо їх розподілу. Для поточного прикладу, розрахунок норм витрат діяльності підрозділів набуває наступного значення (табл. 8).

ТАБЛИЦЯ 8. Норми витрат діяльності підрозділів

Діяльність підрозділів	Непрямі та накладні витрати за період	Провідники витрат	Норми витрат	Провідники діяльності
*P*1	34013	23120	1.47	Кількість компонент
*P*2	12910	4160	3.10	Кількість вузлів продукції
*P*3	18266	1720	10.62	Кількість продукції

Використовуючи дані (табл. 7) та норми витрат (табл. 8), проведемо аналіз прибутковості реалізованої продукції за період для наряду на виробництва артикулів *Ai* продукції. У розрахунок закладено 30 % додану вартість реалізації продукції.

У табл. 9 приведено результати розподілу операційних витрат за асортиментом продукції. Даний розрахунок характеризує прибутковість виробничої лінії та збитковість деяких виробів у випадку не повної їх реалізації за період.

Алгоритм розрахунку вартості продукції такий:

- оцінка виробничої потужності для визначення ресурсних потреб;
- планування елементів витрат підрозділів за період;
- перерозподіл ресурсів постачальників послуг по центрах витрат;
- розподіл елементів витрат виробничих підрозділів на прямі та непрямі;
- формування таблиці використання ресурсів у процентному відношенні;
- визначення норм провідників операційних витрат;
- розподіл операційних витрат на продукцію.

ТАБЛИЦЯ 9. Розрахунок прибутку за період

Продукція	Облікова ціна	Наряд (на період), кількість	Прямі витрати	Непрямі витрати, *P*1	Непрямі витрати *P*2	Непрямі витрати *P*3	Вартість	Реалізовано, кількість	Дохід	Прибуток
*A*1	168	180	13861	4767	2234	2382	23245	160	26861	3616
*A*2	168	180	13861	4767	2234	2382	23245	150	25182	1937
*A*3	130	200	11979	4119	1241	2647	19987	200	25983	5996
*A*4	130	200	11979	4119	1241	2647	19987	180	23384	3398
*A*5	115	260	13348	4590	1614	3441	22993	180	20694	–2299
*A*6	115	260	13348	4590	1614	3441	22993	200	22993	0
*A*7	115	200	10268	3531	1241	2647	17687	180	20694	3007
*A*8	100	240	10268	3531	1490	3177	18465	200	20003	1539
Разом:		1720	98912	34013	12910	22766	168600	1450	185793	17193

Традиційний функціональний аналіз використає ці результати для розрахунку рентабельності продукції за планом і за фактом продажу та прийняття управлінських рішень. Подальший аналіз може бути зосереджений на формуванні дивідендів у залежності від вартості продукції.

Аналіз ефективності програми виробництва. Оптимізація асортименту продукції передбачає визначення пріоритетних товарних позицій для максимізації сумарного прибутку на заданому часовому періоді. Для аналізу продажу продукції використаємо принцип Парето, з наступним формулюванням: існує дисбаланс внеску від різних позицій у сукупний ефект – 20 % елементів, які забезпечують 80 % результату. На принципі дисбалансу будується графік (крива Парето) сукупного ефекту від кількості елементів. Асортиментні позиції групуються в залежності від розміру їх вкладу в сукупний ефект (табл. 10).

ТАБЛИЦЯ 10. Розподіл продукції по групах

Продукція	Витрати	Дохід	Прибуток	Рентабельність продажу	Група
*Арт*3	19987	25983	5996	0,3	Група A
*Арт*1	23245	26861	3616	0,2	Група A
*Арт*4	19987	23384	3398	0,2	Група A
*Арт*7	17687	20694	3007	0,2	Група B
*Арт*2	23245	25182	1937	0,1	Група B
*Арт*8	18465	20003	1539	0,1	Група B
*Арт*6	22993	22993	0	0,0	Група C
*Арт*5	22993	20694	–2299	–0,1	Група C
Разом:	168600	185793	17193		

Групі A відповідає 80 % долі прибутку загальної програми виробництва.

Аналіз рентабельності груп реалізованої продукції за період визначає відповідні заходи для корегування виробництва асортименту продукції на наступний період для забезпечення запланованої результативності діяльності підприємства (табл. 11).

ТАБЛИЦЯ 11. Аналіз груп продукції

	Кількість найменувань	Витрати	Дохід	Прибуток	Рентабельність, %
Група А	3	63218	76228	13010	21
Група В	3	59396	65879	6483	11
Група С	2	45986	43687	–2299	–5
Разом:	8	168600	185793	17193	10

О.А. Хорозов

МАТРИЧНЫЙ ПОДХОД РАСЧЕТА СТОИМОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Рассмотрено применение метода функционально-стоимостного анализа для расчета стоимости производственной линии, а также методологии взаимного распределения ресурсов структурных подразделений. Расчет производится на основе объема ожидаемых затрат, согласно бюджета предприятия.

O.A. Khorozov

MATRIX APPROACH TO MANUFACTURING COST CALCULATION

An application of the method of function-cost analysis to calculating the production line output cost and a methodology of structural department resource reciprocal allocation are considered. The calculation is made on the basis of expected costs according to the budget of the enterprise.

1. *Kaplan R.* «Variable and Self-Service Costs in Reciprocal Allocation Models». The Accounting Review. – 1973. – Vol. 48, N 4. – P. 738 – 748.
2. *Kaplan R.S, and Atkinson A.A.* Advanced Management Accounting. 3rd edition, Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1998.

Одержано 28.01.2013

Про автора:

Хорозов Олег Анатолійович,
провідний науковий співробітник, кандидат фізико-математичних наук
Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України.
E-mail: oleh753@hotmail.com