

Шиндирук І.П.,

кандидат економічних наук,
доцент кафедри фінансів транспорту
Державного економіко-технічного
університету транспорту

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ КАПІТАЛУ ПІДПРИЄМСТВ

Розглянуто проблему знаходження структури джерел фінансування підприємства та її оптимізації. Запропоновано аналізувати структуру капіталу з позицій набору джерел і методів фінансування (видова структура) та з позицій часу початку й закінчення фінансування (часова структура). Обґрунтовано, що невід’ємним елементом моделювання є перевірка оптимальності структури капіталу планом фінансування і здатністю підприємства його виконати.

The article highlights the problem of financial sources structure optimization at the enterprise. It is suggested to analyze a capital structure regarding the set of sources and methods of financing (specific structure) and regarding the time of beginning and completion of financing (sentinel structure). It is proved that the inalienable element of modeling is verification of optimality of capital structure by the plan of financing and ability of enterprise of to execute it.

Ключові слова: економіко-математичне моделювання, структура капіталу, оптимізація, джерела фінансування.

У ринковій економіці однією з найважливіших проблем є забезпечення достатнього обсягу фінансових ресурсів для розвитку або підтримки вже досягнутого рівня ділової активності. Світова фінансова практика виробила багато різних інструментів залучення капіталу із зовнішніх і внутрішніх джерел та способів (технологій) їх застосування для фінансування господарської діяльності підприємств¹.

Мета статті — розробити економіко-математичну модель знаходження оптимального набору та співвідношення джерел і способів фінансування підприємства (структури його капіталу).

Перш ніж перейти до проблеми оптимізації й моделювання структури капіталу, розглянемо зміст цього терміна. “Структура” означає взаєморозміщення та взаємозв’язок складових, устрій/будову об’єкта². Щодо фінансової діяльності цей термін трактується як сукупність та співвідношення власних

¹ *Фінансовий інструмент* — це засіб, знаряддя отримання підприємством коштів або фінансування. Такими інструментами, зокрема, є кредит, оренда або лізинг активів, продаж активів чи зобов’язань, купівля-продаж у розстрочку, аванс або передплата, випуск цінних паперів, страховий поліс, дериватив тощо.

Спосіб (технологія) фінансування — це набір основних і допоміжних організаційних, правових, розрахункових операцій чи дій підприємства, які проводяться для отримання капіталу, або процес застосування підприємством фінансового інструменту для залучення капіталу.

² Великий тлумачний словник сучасної української мови / За ред. В.Т. Бусела. — К.; Ірпінь: ВТФ “Парун”, 2003. — 1440 с.

і позикових фінансових ресурсів, які підприємство використовує в своїй господарській діяльності³.

В моделюванні економічних процесів одним із базових принципів є чіткість розуміння процесу, котрий буде описано моделлю з допомогою математичних формул. Отже, для цілей моделювання структури капіталу важливо чітко виділити її кількісні параметри та правильно оцінити їх і описати. З вищенаведених визначень такими параметрами є:

- набір різних інструментів фінансування, доступних підприємству;
- співвідношення фінансових інструментів (співвідношення величин фінансових ресурсів, отриманих із допомогою певних використаних інструментів).

Розроблена модель покликана допомогти менеджменту та власникам підприємства правильно вибрати фінансові інструменти, які будуть вирішувати поставлені фінансові завдання, а також визначити величину (частку) кожного інструменту в загальній потребі у фінансуванні. При цьому варто пам'ятати, що знайдена таким чином структура капіталу матиме статичну, видову форму, зорієнтовану на певні незмінні передумови отримання фінансових ресурсів у обмеженому плановому періоді. Очевидно, що при моделюванні й оптимізації структури капіталу не варто забувати про часовий ліміт (горизонт планування залучення капіталу) та вплив змін умов його залучення на початкову структуру, а також про те, що визначення структури капіталу є ще й знаходженням третього важливого компонента — способу отримання коштів із обраного джерела або способу застосування обраного фінансового інструменту. Цей компонент разом із дією часу та мінливістю умов отримання коштів вимагає від моделі динамічності. Таким чином, можна стверджувати, що структура капіталу може набувати одночасно двох дещо відмінних форм, які потрібно враховувати при моделюванні й оптимізації. Це *видова структура капіталу* — набір доступних для підприємства джерел отримання фінансових ресурсів і фінансових інструментів, котрі будуть використані, та їх початкове співвідношення, та *часова структура капіталу* — співвідношення джерел капіталу й фінансових інструментів у кожний конкретний часовий інтервал упродовж планового періоду⁴. Іншими словами, часова

³ Рудык Н.Б. Структура капитала корпораций: теория и практика. — М.: Дело, 2004. — 272 с.

⁴ Автор наголошує на необхідності врахування при прийнятті фінансових рішень існування обох видів структури капіталу. Так, підприємство може затвердити для проекту план отримання фінансових ресурсів із майбутніх прибутків та використання кредиту (в пропорції 50:50). Зрозуміло, що оскільки прибутків ще не має, вони ще не згенеровані, то в структурі капіталу першого з планових років кредит складе всі 100 %, по мірі генерації прибутку в майбутні роки, структура буде змінюватись в обраному напрямку, змінюючись кожного року поки не досягне запланованого рівня (50:50). У результаті підприємство планує не одну структуру капіталу, а декілька — для кожного планового періоду. Усвідомлення практиками цього явища й пояснює те, що при фінансовому плануванні, в т. ч. структури фінансового забезпечення, складається загальний план для всього періоду з одночасною його деталізацією для окремих періодів. При цьому чим довший період планування структури, тим більшою й помітнішою є різниця між видовою та часовою структурами. Додамо, що видова структура капіталу є результатом обраної підприємством стратегії фінансування, а часова — планом проміжних тактичних дій, пристосованих до поточних умов.

структура капіталу — це відображення термінів відкриття й закриття фінансування та час рефінансування (час початку й кінця застосування фінансового інструменту, раніше затвердженого в рамках видової структури).

Складність фінансових рішень, які стосуються набору й співвідношення різних джерел та інструментів фінансування, пов'язана з необхідністю усвідомлення власниками й керівництвом підприємства таких аспектів даної проблеми, як:

- оцінка потреби у фінансових ресурсах, їх вид, обсяг, час отримання, використання та повернення;
- особливості та способи застосування певного фінансового інструменту, його сильні й слабкі сторони;
- взаємодоповнення або взаємовиключення різних інструментів і способів фінансування, їх вплив на ефективність застосування один одного;
- вартість та інші умови отримання, використання й повернення капіталу, їх взаємозв'язок і взаємовплив;
- вплив мінливості умов економічного середовища, в т. ч. фінансового ринку, на доцільність і ефективність застосування певного фінансового інструменту;
- взаємозв'язок фінансування і структури власності, ступеня концентрації операційного й загального управління;
- поява супутніх фінансових ризиків та сила їх впливу на стабільність функціонування.

Перелічені аспекти потрібно врахувати при моделюванні структури капіталу. Вони змушують фінансовий менеджмент підходити до моделювання системно, постійно відстежувати зміни та коригувати початкову структуру фінансового забезпечення. Розглянемо детальніше основні етапи розв'язання аналізованої проблеми.

Спочатку треба вивчити умови ведення господарської діяльності підприємства, насамперед для оцінки майбутніх потреб у залученні капіталу, а також для з'ясування особливостей його використання під час взаємодії підприємства й поставальників, державних органів, кредиторів, власників та інших партнерів. На підставі проведеного аналізу менеджмент зможе визначити коло та джерела капіталу, умови залучення й початкову вартість. Прогнозування дасть змогу скоригувати зазначені показники відповідно до тенденцій зміни факторів. Остаточне рішення щодо методів, способів задоволення потреби в капіталі буде прийняте після врахування фінансової стратегії підприємства, тобто на основі ставлення менеджменту до співвідношення “дохідність капіталу — його вартість — рівень фінансових ризиків” у процесі моделювання структури капіталу та його оптимізації. Ми пропонуємо підходити до цього моделювання так, як показано на рисунку.

При моделюванні треба врахувати, що мета й завдання політики управління капіталом, зокрема визначення його структури, перебувають у площині, де осями координат є дохідність застосування капіталу (фактична або очікувана, мінімальна чи середня), витратність залучення та обслуговування капіталу (номінальна або реальна) та ризиковість (можливості погіршити фінансовий стан підприємства в



Рис. Послідовність моделювання структури капіталу підприємства

результаті застосування боргового капіталу та втратити підприємство через збитки від неефективного використання). Найчастіше зустрічаються цілі управління капіталом, наведені на рисунку. Для моделювання варто обирати ті з них, що пов'язані з максимізацією дохідності капіталу, включаючи власний, мінімізацією витрат отримання капіталу, зростанням продажів та максимізацією вартості підприємства. Спрямованість оптимізації структури капіталу визначає метод оптимізації та її цільовий критерій (табл. 1).

Водночас цілі управління капіталом, пов'язані з нормалізацією фінансового стану, підтримкою платоспроможності, фінансової стійкості, при моделюванні будуть враховуватися, незалежно від основної мети управління капіталом, як обмежувальні параметри, котрі відповідають за рівень фінансового ризику. Зокрема, якщо метою оптимізації структури капіталу є зниження його вартості, то методом оптимізації буде економіко-математичне моделювання з використанням цільового критерію — середньозваженої вартості капіталу, а якщо завданням моделювання

Таблиця 1. Цілі моделювання структури капіталу та цільові функції, що їм відповідають

Цілі моделювання	Цільові функції оптимізаційних моделей	
Зменшення вартості залучення та обслуговування капіталу — мінімізація середньозваженої вартості капіталу	WACC → min	$\sum (R_i \cdot W_i) \rightarrow \min$
Забезпечення ефективного використання капіталу — максимізація доходності власного капіталу	ROE → max	$Net\ profit / AvE \rightarrow \max$
Підвищення вартості підприємства	EVA → max	NOPAT — CC·CE → max

Умовні позначення: WACC (weighted average cost of capital) — середньозважена вартість капіталу; ROE (return on equity) — доходність власного капіталу; EVA (economic value added) — економічна додана вартість; NOPAT (net operating profit adjusted taxes) — чистий операційний прибуток після сплати податків, що обчислюється як сума чистого операційного прибутку після оподаткування та фінансових витрат на обслуговування капіталу; CC (capital cost) — вартість капіталу або рівень фінансових витрат підприємства; CE (capital employed) — працюючий капітал або вартість активів підприємства; *Net profit* — чистий прибуток підприємства; AvE (average equity) — середня величина працюючого власного капіталу; R_i — вартість джерела капіталу (фінансового інструменту); W_i — частка джерела капіталу (фінансового інструменту) в загальному працюючому капіталі.

є отримання власниками максимальної вигоди, оптимізація проводиться за доходністю власного капіталу (ефект фінансового важеля) і т. д.

Використовуючи вказані цільові критерії для моделювання структури капіталу, потрібно вказати на те, що пріоритетним є застосування показника WACC. Це пояснюється тим, що використання ROE і EVA може істотно ускладнити моделювання через включення у процес показників прибутковості. Останні додають до моделювання операційну складову, яку важче прогнозувати, крім того, при моделюванні потрібно виводити математичні рівності, котрі пов'язують фінансування з фінансовими результатами. Натомість використання середньозваженої вартості капіталу дає змогу подлати ці труднощі завдяки зосередженню безпосередньо на розв'язанні завдання вибору джерел фінансування та знаходження суми залучених коштів.

Після вибору цільової функції та її математичної конкретизації робиться наступний крок, який передбачає визначення обмежень моделі. Групу обмежень потрібно підібрати таким чином, щоб урахувати при моделюванні фінансові ризики. Основне призначення обмежень — лімітувати рівень і структуру боргових зобов'язань. Отже, оптимізація структури капіталу поєднує одразу два методи — нормативно-коефіцієнтний та один із методів визначення цільової функції.

З огляду на необхідність обмеження рівня і структури боргових зобов'язань — рівня фінансового ризику, пропонуємо оптимізувати структуру капіталу, використовуючи економіко-математичні моделі (ЕММ), котрі поєднують методи оптимізації структури капіталу за критерієм WACC та нормативи, що лімітують величину боргу. Як обмеження ЕММ обираються показники фінансової стійкості й платоспроможності:

1. Коефіцієнт заборгованості (фінансової залежності), який обмежує загальну величину боргу в капіталі, мінімальне значення нормативу $\leq 0,5^5$.

2. Коефіцієнт покриття (загальної ліквідності), котрий обмежує величину короткострокової заборгованості, мінімальне значення нормативу $\geq 1,5$.

3. Коефіцієнт достатності грошового потоку для погашення боргу, що пов'язує організацію грошових розрахунків із боргом, мінімальне значення $\geq 0,35^6$.

Включення зазначених коефіцієнтів за винятком першого пов'язане з істотним обмеженням ЕММ, тому їх доцільніше використовувати на етапі оцінки відповідності знайденої структури строкам задоволення потреби в капіталі, його величині, при апробації моделі.

Наведених основних коефіцієнтів достатньо для моделювання структури капіталу підприємств, потреба яких у основному й оборотному капіталі співвідносяться як 1:1 та вище, тобто потреба в необоротних активах дорівнює потребі в оборотних або перевищує її. Коли ж потреба в оборотних активах вища від потреби в необоротних, а співвідношення є нижчим за 1:1, варто вводити додаткове обмеження — коефіцієнт забезпеченості власним оборотним капіталом. Також у деяких випадках потрібно додатково вводити ще одне обмеження, пов'язане зі спроможністю підприємства покривати витрати на обслуговування боргу (фінансові витрати), — коефіцієнт покриття фінансових витрат, мінімальне значення нормативу $\geq 1,5$.

Необхідно зауважити, що цільове фінансування, зокрема кошти, отримані через дотації виробникам, методи справляння податку на додану вартість, списання заборгованості тощо, при моделюванні прирівнюються до власного капіталу та повністю включається в модель, як його мінімальна величина, що обов'язково буде використана в плановому періоді.

Для побудови ЕММ уведемо такі індекси й множини:

i — джерела доступного власного капіталу ($i = 1...n$);

j — джерела доступного довгострокового боргового капіталу ($j = 1...m$);

k — джерела доступного короткострокового боргового капіталу ($k = 1...h$);

⁵ Знаходження оптимального коефіцієнта боргового навантаження є однією з найскладніших проблем управління фінансами підприємств і темою окремого дослідження. Більшість зарубіжних і вітчизняних фінансових аналітиків наводять як норматив саме значення 0,5. Як показує практика, цей норматив є цілком виправданим із різних позицій, тому в даній роботі автор рекомендує саме його. Для ґрунтовнішого визначення питання встановлення рівня боргового навантаження варто враховувати інші важливі фактори, такі як особливості операційної діяльності, її ефективність, стан і якість активів, оподаткування та ін. Пояснення їх впливу можна знайти в теоріях компромісу, ієрархії, альтернативній теорії, які описані в працях: *Брейли Р., Майєрс С.* Принципи корпоративних фінансов: Пер. с англ. — М.: ЗАО "Олимп-бизнес", 1997. — 1120 с.; *Модильяни Ф., Миллер М.* Скільки стоить фірма? Теорема ММ: Пер. с англ. — 2-е изд. — М.: Дело, 2001. — 272 с.

⁶ Одне з важливих обмежень. Хоча даний показник можна замінити на інший, який показує здатність підприємства генерувати кошти для розрахунків, ми рекомендуємо використовувати саме чистий операційний грошовий потік, оскільки для виробничого підприємства основною є операційна діяльність. Важливо пам'ятати, що рівень цього показника може змінюватися залежно від частки операційного доходу в загальному доході підприємства, створюючи певний запас грошових надходжень для обслуговування зобов'язань.

n, m, k — кількість доступних джерел фінансування;

r_i, r_j, r_k — вартість власного й боргового капіталу, залученого з i -, j -, k -ого джерел (%);

C_i, C_j, C_k — величина власного й боргового капіталу, отриманого з i -, j -, k -ого джерел (%);

C — загальна потреба в капіталі для планового періоду, $C = \text{const}$ (тис. грн);

NOCF — чистий операційний грошовий потік (тис. грн);

ЕВІТ — прибуток до сплати процентів і податків (тис. грн);

FC — фінансові витрати на отримання й обслуговування капіталу (тис. грн);

C_{of} — планова потреба в необоротних активах (тис. грн);

C_{cf} — планова потреба в оборотних активах (тис. грн).

Математична постановка задачі оптимізації структури капіталу за критерієм його найнижчої вартості полягає в мінімізації значення такої цільової функції:

$$\sum_{i=1}^n \left(r_i \cdot \frac{C_i}{C} \right) + \sum_{j=1}^m \left(r_j \cdot \frac{C_j}{C} \right) + \sum_{k=1}^h \left(r_k \cdot \frac{C_k}{C} \right) \rightarrow \min.$$

Систему основних обмежень моделі наведено нижче (табл. 2).

Таблиця 2. Система основних обмежень економіко-математичної моделі оптимізації структури капіталу підприємства

Зміст обмежень економіко-математичної моделі	Рівняння обмежень
Загальна величина боргових зобов'язань не перевищує норматив фінансової залежності	$\frac{\sum(C_j, C_k)}{C} \leq 0,5$
Величина поточних зобов'язань не перевищує норматив ліквідності	$1,5 \leq \frac{C_k}{C_{cf}} \leq 2,5$
Чистого операційного грошового потоку достатньо для обслуговування боргу	$\frac{\text{NOCF}}{\sum(C_j, C_k)} \geq 0,35$
Прибуток покриває фінансові витрати з обслуговування капіталу	$\frac{\text{ЕВІТ}}{\text{FC}} \geq 1,5$
Сума складових капіталу має покривати загальну планову потребу в ньому	$\sum(C_i, C_j, C_k) = C$
Капітал, отриманий із певного джерела, використовується або ні	$C_i, C_j, C_k \geq 0$

Дані обмеження використовуються для оптимізації структури капіталу підприємств, котрі обрали ризикову політику фінансування (співвідношення потреби в основному й оборотному капіталі 1:1 та вище). В разі застосування консервативної політики фінансування (співвідношення основного й оборотного капіталу нижче за 1:1) у модель вводиться додаткове обмеження щодо забезпеченості власним оборотним капіталом:

$$0,1 \leq \frac{\sum C_i - C_{of}}{C_{rf}} \leq 0,3.$$

Принагідно зазначимо, що з допомогою значень нормативів підприємство може регулювати розподіл джерел фінансування, управляючи фінансовими ризиками, дохідністю й витратністю власного капіталу та боргових зобов'язань. При цьому важливо обрати раціональні значення нормативів, що використовуються як обмеження моделі. Їх значення можна обирати відповідно до загальних, галузевих, а також власних нормативів, розроблених самим підприємством.

Планування структури та величини боргових зобов'язань за алгоритмом, наведеним на рисунку, показує, що після визначення ці показники слід оцінити з позицій фінансових можливостей підприємства щодо обслуговування й покриття потреби в капіталі у планових періодах. Тому знайдена структура, величина власного капіталу й зобов'язань має бути розгорнута в плановому бюджеті доходів і видатків та оцінена. В разі незбалансованості грошових потоків у окремих періодах і недостатності доходів для покриття фінансових витрат необхідно провести перерахунок моделі, змінивши нормативи, кількість джерел, обмеження.

Після знаходження структури капіталу, в т. ч. зобов'язань менеджменту, залишається затвердити складені на базі моделі та апробовані плани фінансування, графіки обслуговування зобов'язань, бюджет доходів і видатків, переходячи до їх практичної реалізації. В рамках розробленої структури капіталу організовується залучення ресурсів із джерел, обраних у результаті моделювання. Таким чином, увага зосереджується на управлінні окремим джерелом, яке організовується на основі визначених при плануванні параметрів (обсяг, строк, вартість) та врахуванні особливостей кожного джерела.

Підсумовуючи викладене, доходимо таких висновків. Знаходження оптимальної структури капіталу — це комплексний, системний процес одноразового (на тайм фреймі — 3—5 років) планування короткострокових наборів та співвідношень власного й боргового капіталу, об'єднаних загальною фінансовою стратегією регулювання величини капіталу та співвідношення його дохідності й ризиковості.

Моделювання капіталу має враховувати те, що оптимальне фінансове рішення щодо структури капіталу — це знаходження такого набору та співвідношення власних і боргових джерел капіталу, яке при заданому (допустимому) фінансовому (валютному, процентному й кредитному) ризику мінімізує витрати на отримання та обслуговування капіталу або забезпечує максимальну ефективність його використання. Для цього вводять основні обмеження щодо збереження платоспроможності, фінансової стійкості.

Знайдена при моделюванні структура капіталу є статичною по відношенню до планового періоду, котрий складається з окремих років, тому невід'ємним елементом моделювання є перевірка оптимальності структури капіталу планом фінансування та здатності підприємства його виконати.