

# ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА КЕРУВАННЯ

УДК 519. 68

И.А. Корхина

Национальная металлургическая академия Украины,  
г. Днепропетровск, Украина, e-mail: kor\_inna@mail.ru

## МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПОРТФЕЛЯ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

I.A. Korkhina

National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnepropetrovsk,  
Ukraine, e-mail: kor\_inna@mail.ru

## METHOD OF CREATION OF OPTIMUM ENTERPRISES INVESTMENT PROJECT PORTFOLIO BASED ON THE DYNAMIC MODEL

**Цель.** Выбор состава портфеля проектов развития предприятия, обеспечивающего максимальную эффективность от его реализации на заданном интервале времени.

**Методика.** Метод нелинейной оптимизации со смешанными переменными.

**Результаты.** Разработана математическая модель и проверена на реальной задаче. Ее целевой функцией является максимум дохода за период реализации портфеля проектов. В качестве ограничений выступают балансовые соотношения. Предусмотрено два источника финансирования портфеля проектов: кредиты и собственные средства предприятия. Искомыми переменными являются булевы и непрерывные переменные. С помощью булевых переменных формализуется отбор проектов из заданного их множества и выбор кредитных учреждений для кредитования. Причем предусмотрено, что каждый банк предлагает предприятию несколько схем кредитования и выплаты долга. Непрерывными переменными являются величины кредитов и выплачиваемых долгов. Благодаря варьированию величинами возврата кредита имеется возможность экономии денежных средств за счет уменьшения выплаты процентов.

**Научная новизна.** Модель позволяет управлять финансовыми потоками предприятия при формировании портфеля инвестиционных проектов и его реализации, производить вариантыные расчеты с целью выбора рационального соотношения между объемами кредитования и самофинансирования. Для приведения стоимостей финансовых ресурсов к ценам начального периода используется коэффициент дисконтирования.

**Практическая значимость.** Результаты данной работы могут использоваться для решения задач планирования развития промышленного предприятия, в частности, предприятия горной промышленности.

**Ключевые слова:** *проект, портфель проектов, кредит, банк, самофинансирование, доход, проценты на кредит и депозит, функция цели*

**Постановка проблемы в общем виде.** Чем интенсивнее развивается экономика, сопровождаемая ростом конкуренции, тем сложнее промышленным предприятиям удержать свои позиции на рынке. Это относится и к предприятиям горной промышленности. Только постоянное развитие: модернизация основных средств, расширение производства за счет увеличения объемов выпуска продукции или расширения ассортимента может привести к одной из основных целей любого производственного предприятия – увеличению стоимости бизнеса. Это возможно осуществить с помощью реализации определенных инвестиционных проектов. В этом случае целесообразнее использовать портфельные ме-

тоды планирования, так как одновременная реализация нескольких проектов может быть более эффективна, нежели внедрение только одного. Материальные средства предприятия всегда ограничены, поэтому при формировании оптимального портфеля проектов немаловажное значение имеет определение источников финансирования этого портфеля, то есть оптимальное сочетание используемых собственных и заемных средств.

Портфель проектов – это набор проектов, программ и отдельных работ, которые сгруппированы вместе в целях содействия эффективному управлению этими работами по достижению стратегических целей организации. В соответствии с этим, формирование оптимального портфеля проекта является одной из основных стратегических задач для любого

предприятия, стремящегося к развитию. Принимая во внимание ограниченность собственных ресурсов, задача нахождения такого портфеля усложняется.

**Анализ существующих публикаций.** В [1] предлагается решать задачу формирования оптимального портфеля проектов как задачу многокритериальной оптимизации с ограничениями на ресурсы, используемыми в проектах. Задача является статической, в ней не учитываются изменения показателей проектов в динамике. Рассмотрены два вида моделей: четкие и нечеткие.

В [2] предложена модель выбора оптимального распределения во времени реализации финансово-инвестиционной программы предприятия. Сформулированная задача оптимизации в виду ее сложности решается методом последовательных приближений, использующим перебор вариантов портфеля проектов. В качестве целевой функции выбран максимум стоимости капитала инвестиционной и финансовой программ в конечной точке планового периода. В качестве ограничений выступают условия ликвидности. Такая модель предусматривает, что все проекты, заранее включенные в портфель, должны быть выполнены. Однако, исходя из ограниченности финансовых средств, представляется реальным исключение какого-либо проекта из портфеля, а не требование его обязательного выполнения. В данной модели также не определяется эффективность принятого решения на достаточно большом интервале времени. Во многих случаях адекватно судить об эффективности портфеля проектов можно спустя достаточно большой период времени после его реализации. В модели объем кредитования считается заданным и не предусмотрена возможность досрочной выплаты долга и процентов. Это уменьшает стоимость капитала в конечной точке планового периода, которая выбрана в качестве целевой функции.

В [3] предложена оптимизационная модель выбора оптимального портфеля проектов по двум критериям. Первый критерий – максимум выгоды, получаемой от портфеля. Второй критерий – минимум риска, связанного с реализацией портфеля. Риски каждого проекта определяются множеством экспертов. В качестве ограничений выступают ресурсы, необходимые для реализации проектов. Модель представляет собой детерминированную схему булевого программирования. Она статическая, поэтому не предусматривает выбор источников и схем финансирования, в частности, обслуживания кредитов.

**Проблема, которой посвящена статья.** Формирование портфеля проектов дает возможность промышленному предприятию реализовать свои стратегические планы. В связи с этим возникает проблема формирования портфеля проектов, имеющего наилучшие показатели эффективности при оптимальном использовании собственных и заемных средств предприятием.

**Постановка задачи.** Целью данной работы является создание такой модели формирования оптимального портфеля проектов, которая бы удовлетворяла требованию повышения прибыли предприятия, при этом учитывала собственные средства предприятия, имела гиб-

кую систему управления финансовыми потоками, а также позволяла проследивать динамику реализации проектов на заданном отрезке времени. Такая модель должна дать возможность выбора оптимального портфеля проектов независимо от наличия свободных финансовых средств на предприятии.

**Основной материал исследования.** При принятии решения о включении проекта в портфель, для каждого предлагаемого проекта осуществляется анализ, который состоит из отчета о прибылях и убытках, отчета о движении денежных средств, показателей эффективности вложенных средств и других финансовых показателей. Все эти показатели рассчитываются на весь период планирования, который равен максимальной из длительностей реализации всех вариантов проектов. Как правило, проекты для производственного предприятия рассчитаны на достаточно продолжительный период времени, поэтому, для точности анализируемых показателей эффективности, осуществляется прогноз цен на сырье и изготавливаемую продукцию. Статистический метод прогнозирования позволяет учесть структурные изменения в отрасли, к которой относится данное предприятие, а также возможные сезонные колебания в ценах. Не менее важным показателем при выборе проектов для включения в портфель является длительность выполнения проекта. Наиболее вероятный конечный срок выполнения проекта определяется с помощью вероятностной имитационной модели на основе метода Монте-Карло.

Особое влияние на процесс принятия решения о формировании портфелей проектов на предприятии имеет соотношение стоимости всех проектов к финансовым возможностям самого предприятия. С целью избежать риска недостаточности средств финансирования портфеля проектов, необходимо провести анализ хозяйственной деятельности предприятия и спрогнозировать показатели его работы на тот промежуток времени, за который планируется реализация портфеля проектов. Это даст возможность выявить возможные свободные средства на предприятии.

Зачастую предприятия сталкиваются с недостаточностью собственных средств для финансирования портфелей проектов. В такой ситуации необходимо привлекать заемные финансовые средства в виде, например, банковских кредитов. Однако, на сегодняшний день, плата за пользование банковскими кредитами для среднего и крупного бизнеса достаточно высока. В связи с этим, в качестве источников финансирования портфеля проектов могут выступать несколько видов кредитов в сочетании с оптимальным использованием собственных средств предприятия.

В данной работе предлагается модель формирования оптимального портфеля проектов и вариантов кредитования при условии, что все варианты проектов независимы друг от друга.

#### **Основные принципы построения модели.**

1. Модель рассматривает процесс реализации портфеля проектов во времени в течение длительности проекта.

2. В одной моделі решаються задачі вибору портфеля проектів і визначення схем його фінансування, включаючи обслуговування кредитів.

3. Кредити, якщо це необхідно, можуть бути взяті в течение всієї тривалості проекту. Відомі схема їх обслуговування (графік виплати кредитів і процентів по ним). Невідомі величини кредитів.

4. Взяті кредити і проценти по ним можуть бути сплачені раніше обговорених строків.

5. Для рішення задачі кредитування портфеля проектів в течение його тривалості розглядається деяке множинство банків. Кожен банк може представити декілька схем кредитування. Схема кредитування складається з графіків виплати кредиту і процентів по ньому.

6. Кредити беруться в початку деякого періоду часу. Виплати по кредитах, включаючи проценти, виробляються в початку наступного періоду часу.

7. Дохід в довільному періоді, якщо він має, може бути покладений на депозит строком на наступний один період часу. При цьому з доходу вираховуються засоби самофінансування, використані в поточному періоді часу.

8. Підприємство може виділяти на реалізацію портфеля проектів засоби від діяльності, не пов'язаної з даним портфелем. Графік інвестування власних засобів по періодах часу задається. Можливий вибір засобів, вкладуваних підприємством, шляхом варіантних розрахунків.

9. В розрахунках враховується інфляція.

10. Для уникнення повторного рахунку при вирахуванні загального дисконтованого доходу за всю тривалість проекту (функції цілі), з доходу кожного року вираховуються засоби самофінансування.

**Описання моделі.** В моделі прийняті наступні позначення:  $T$  – тривалість реалізації портфеля проектів;  $J$  – кількість проектів;  $u_j(t)$  – витрати на  $j$ -й проект ( $j = \overline{1, J}$ ) в  $t$ -му періоді часу ( $t = \overline{1, T}$ );  $d_j(t)$  – дохід від  $j$ -го інвестиційного проекту в  $t$ -му періоді часу;  $L$  – кількість банків, які можуть кредитувати реалізацію проектів;  $k_i(t)$  – величина кредиту  $i$ -го банку в  $t$ -му періоді часу;  $s_i^0(t)$  – мінімальний борг, який повинен бути сплачений в  $t$ -му періоді часу при умові кредитування портфеля проектів  $i$ -м банком кредитування;  $s_i(t)$  – борг, який буде сплачений в  $t$ -му періоді часу  $i$ -му банку, якщо він бере участь в кредитуванні портфеля проектів;  $l_i(t)$  – плата за користування кредитом  $i$ -го банку в  $t$ -му періоді часу (виплата процентів);  $r$  – річна процентна ставка по депозиту;  $w(t)$  – коефіцієнт дисконтування;  $Q(t)$  – прогноз прибутку підприємства в  $t$ -му періоді часу, якщо б інвестицій в нього не було;  $\delta$  – частка прибутку підприємства, йдуча на реалізацію портфеля проектів (одинакова для всіх періодів часу).

Искомые булевы переменные:

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-й проект включается в портфель;} \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й банк участвует в кредитовании;} \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$$j = \overline{1, J}; \quad i = \overline{1, L}.$$

Перечисленные параметры модели, за исключением  $d_j(t)$ ,  $r$ ,  $Q(t)$ , известны или могут быть определены при разработке каждого варианта проекта. Величины  $d_j(t)$  можно рассчитать с помощью программы Project Expert или MS Project на основе прогноза цен на готовую продукцию. Величины  $Q(t)$  можно получить методами прогнозирования или экспертными методами.

*Формализация финансовых потоков, используемых при кредитовании портфеля проектов.* Обозначим  $M_i$  матрицу схем кредитування портфеля проектів  $i$ -м банком. Эта матрица является нижней треугольной, ее порядок равен  $T$ . Согласно сказанному, имеем

$$M_i = \begin{bmatrix} m_{11}^{(i)} & 0 & \dots & 0 \\ m_{21}^{(i)} & m_{22}^{(i)} & \dots & 0 \\ m_{31}^{(i)} & m_{32}^{(i)} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_{T1}^{(i)} & m_{T2}^{(i)} & \dots & m_{TT}^{(i)} \end{bmatrix}, \quad i = 1, \dots, L, \quad (1)$$

где  $m_{t\tau}^{(i)} \geq 0$ ,  $t, \tau = 1, \dots, T$  – доля кредита  $i$ -го банка, взятого в  $t$ -му периоде времени и выплаченном в периоде времени  $\tau$ .

Из сказанного следует, что сумма элементов матрицы по столбцам равна единице, а в каждом столбце должен быть хотя бы один ненулевой элемент. Таким образом,

$$\sum_{t=\tau}^T m_{t\tau}^{(i)} = 1; \quad \tau = 1, \dots, T; \quad i = 1, \dots, L. \quad (2)$$

Для описания финансовых потоков, связанных с кредитованием портфеля проектів  $i$ -м банком, введем вектор кредитов  $K_i$  и вектор выплат кредитов  $S_i^0$

$$K_i = \begin{bmatrix} k_i(1) \\ k_i(2) \\ \vdots \\ k_i(T) \end{bmatrix}; \quad S_i^0 = \begin{bmatrix} s_i^0(1) \\ s_i^0(2) \\ \vdots \\ s_i^0(T) \end{bmatrix}; \quad i = 1, \dots, L.$$

Оба приведенных вектора связаны соотношением

$$S_i^0 = M_i K_i, \quad i=1, \dots, L. \quad (3)$$

Определим минимальные величины выплаты кредитов  $i$ -му банку с учетом выплат в предыдущих периодах времени

$$\begin{aligned} v_i(1) &= s_i^0(1); \\ v_i(2) &= \max[0, s_i^0(2) - (s_i(1) - s_i^0(1))]; \\ &\vdots \\ v_i(T) &= \max[0, s_i^0(T) - \sum_{\tau=1}^{T-1} (s_i(\tau) - s_i^0(\tau))]. \end{aligned} \quad (4)$$

*Формулы вычисления стоимостных показателей.*

Определим:

- доход от всех проектов в  $t$ -м периоде времени

$$D(t) = \sum_{j=1}^J d_j(t) x_j, \quad t=1, \dots, T; \quad (5)$$

- полученные кредиты в  $t$ -м периоде времени

$$k(t) = \sum_{i=1}^L k_i(t) y_i, \quad t=1, \dots, T; \quad (6)$$

- выплачиваемые проценты по кредитам в  $t$ -м периоде времени

$$PK(t) = \sum_{i=1}^L \left[ l_i(t) \left( \sum_{\tau=1}^{t-1} k_i(\tau) - \sum_{\tau=1}^{t-2} s_i(\tau) \right) y_i \right], \quad t=1, \dots, T; \quad (7)$$

- выплачиваемые долги по кредитам в  $t$ -м периоде времени

$$s(t) = \sum_{i=1}^L s_i(t) y_i, \quad t=1, \dots, T; \quad (8)$$

- суммарные затраты на реализацию проектов в  $t$ -м периоде времени

$$I(t) = \sum_{j=1}^J u_j(t) x_j, \quad t=1, \dots, T. \quad (9)$$

Свободные денежные средства, полученные в  $t$ -м периоде времени, которые можно использовать в последующие периоды времени, поэтому

$$DP(t) = \begin{cases} DP_1(t) + DP_2(t), & t=1, \dots, T-2 \\ DP_1(t), & t=T-1 \end{cases}, \quad (10)$$

где  $DP_1(t)$  – денежные средства, которые будут использованы в следующем, т.е. в  $t+1$ -м периоде времени;  $DP_2(t)$  – денежные средства, которые будут положены на депозит в  $t+1$ -м периоде времени, полученные средства от депозита (сумма вклада плюс проценты на него) будут использоваться в  $t+2$ -м периоде времени. Для исключения возможности использования средств предприятия, предназначенных для реализации портфеля проектов, для депозитов, и

учитывая неотрицательность  $DP_1(t)$ , необходимо, чтобы выполнялось условие

$$DP_1(t) = \max[0, (E(t) - \delta Q(t))], \quad t=1, \dots, T-2. \quad (11)$$

Чистый доход предприятия от реализации всех проектов портфеля

$$\begin{aligned} E(t) &= D(t) + k(t) + \delta Q(t) - s(t) - PK(t) - I(t) + \\ &+ DP_1(t-1) + (1+R)DP_2(t-2); \\ t &= 1, \dots, T; \quad DP_1(0) = 0; \quad DP_2(-1) = DP_2(0) = 0. \end{aligned} \quad (12)$$

Дисконтированный доход  $\tilde{E}(t)$  равен

$$\tilde{E}(t) = (E(t) - \delta Q(t))w(t), \quad t=1, \dots, T, \quad (13)$$

где  $0 \leq \delta \leq 1$ ,  $w(t)$  – коэффициент дисконтирования,  $0 \leq w(t) \leq 1$ .

Такой выбор  $w(t)$  означает приведение всех стоимостных величин к первому периоду времени ( $t=1$ ).

Вычисление коэффициента дисконтирования  $w(t)$

$$w(t) = \frac{1}{\left(1 + \frac{a}{100}\right)^{t-1}}, \quad (14)$$

где  $a$  – инфляция за год в %.

*Ограничения.* В качестве ограничений выступают следующие требования.

В соответствии с выражениями (10), (11) получаем ограничения на  $DP_1(t)$  и  $DP_2(t)$

$$\max[0, (E(t) - \delta Q(t))] = \begin{cases} DP_1(t) + DP_2(t), & t=1, 2 \\ DP_1(t), & t=3 \end{cases}$$

Чистый доход предприятия в  $t$ -м периоде времени должен быть неотрицательным

$$E(t) \geq 0; \quad t=1, \dots, T; \quad (15)$$

- выплаты по долгам  $i$ -му банку в каждый период времени  $t$  должны быть не меньше минимальных величин обязательных выплат кредитов этому банку, полученных с учетом выплат в предыдущих периодах времени

$$s_i(t) \geq v_i(t), \quad i=1, \dots, L; \quad t=1, \dots, T; \quad (16)$$

- общая сумма выплат за период планирования должна равняться сумме взятых кредитов (по каждому банку)

$$\left( \sum_{t=1}^T s_i(t) - \sum_{t=1}^T k_i(t) \right) y_i = 0, \quad i=1, \dots, L; \quad (17)$$

- кредиты и выплаты по ним должны быть неотрицательны

$$k_i(t) \geq 0; s_i(t) \geq 0, i = 1, \dots, L; \quad (18)$$

- проценты согласно формуле (7) должны начисляться на неотрицательные величины

$$\sum_{\tau=1}^{t-1} k_i(\tau) \geq \sum_{\tau=1}^{t-2} s_i(\tau), t = 3, \dots, T; i = 1, \dots, L. \quad (19)$$

*Функция цели.* Чистый дисконтированный доход за  $T$  лет должен быть максимальным

$$\sum_{t=1}^T [\tilde{E}(t) - (DP_1(t-1) + DP_2(t-2))w(t)] \rightarrow \max, \quad (20)$$

где сумма  $(DP_1(t-1) + DP_2(t-2))w(t)$  вычитается из  $\tilde{E}(t)$  для исключения повторного суммирования  $DP_1(t)$  и  $DP_2(t)$ ;  $t = 1, \dots, T$  при вычислении функции цели.

*Искомые переменные.* Искомыми переменными являются:

- булевы переменные, определяющие выбор проекта, включаемого в портфель, и схемы кредитования

$$x_j, j = 1, \dots, J; y_i, i = 1, \dots, L;$$

- непрерывные неотрицательные переменные – выплачиваемый в  $t$ -м году долг  $i$ -му банку

$$s_i(t) \geq 0, i = 1, \dots, L, t = 1, \dots, T; \quad (21)$$

- кредит  $i$ -го банка в  $t$ -м периоде времени

$$k_j(t) \geq 0, t = 1, \dots, T; i = 1, \dots, L; \quad (22)$$

$DP_1(t) \geq 0, t = 1, \dots, T-1$  – денежные средства, которые будут использованы в  $t+1$ -м периоде времени;

$DP_2(t) \geq 0, t = 1, \dots, T-2$ , – денежные средства, которые будут положены на депозит в  $t+1$ -м периоде времени.

**Определение оптимального портфеля проектов развития предприятия на примере.** Рассмотрим применение математической модели определения оптимального портфеля проектов применительно к условиям развития одного из промышленных предприятий Украины.

**Исходные данные.** Перед предприятием стоит задача повышения прибыли. Оно разработало следующие три проекта своего развития. *Первый проект* состоит в увеличении производительности оборудования в 1,5 раза без изменения количества производимых видов продукции за счет модернизации основных средств. При этом, предполагается, что вся продукция будет реализована. *Второй проект* состоит в том, что, при

сохранении прежнего объема продукции, будет установлена дополнительная линия по производству новой продукции. *Третий проект* также предполагает выпуск новой продукции, отличной от предусмотренной вторым проектом. Могут быть получены кредиты от трех банков: Б1, Б2, Б3. Таким образом, число инвестиционных проектов  $J = 3$ , число банков, которые могут кредитовать портфель проектов,  $L = 3$ . Длительность реализации вариантов инвестиционного проекта одинакова и равна периоду планирования  $T = 4$  годам.

Матрицы схем кредитования портфеля проектов, определенные в формуле (3), которые для перечисленных банков имеют четвертый порядок, так как  $T = 4$ , следующие.

Для банка Б1 имеется предложение о трех возможных вариантах кредитования. Таким образом,

$$M_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0,5 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0 \end{bmatrix}. \quad (23)$$

Согласно структуре матрицы  $M_1$  возможные схемы кредитования этим банком такие: 1) кредит, который берется в начале первого года, должен быть выплачен в конце этого же года; 2) кредит, который берется в начале второго года, возвращается в конце второго года (половина суммы) и в конце третьего года (половина суммы); 3) кредит, который берется в начале третьего года, возвращается в конце этого года; 4) в четвертом году кредит не берется.

Для банка Б2 имеется предложение о двух возможных вариантах кредитования. Поэтому

$$M_2 = \begin{bmatrix} 0,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (24)$$

В соответствии со структурой матрицы  $M_2$ , возможные схемы кредитования вторым банком следующие: 1) в начале первого года берется кредит, половина которого возвращается в конце этого и второго годов; 2) во втором году берется кредит, половина которого возвращается в конце того же года, а другая половина – в конце следующего; 3) в третьем и четвертом годах кредиты не берутся.

Для банка Б3 имеется предложение о трех возможных вариантах кредитования. Следовательно

$$M_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (25)$$

Таким образом, схемы кредитования третьим банком состоят в том, что в начале первого, второго и

третьего годов берутся кредиты, которые возвращаются в конце этих же периодов времени.

Из анализа матриц  $M_1, M_2, M_3$  следует, что предусмотрены разнообразные схемы кредитования портфеля проектов с выплатой долга в конце года, в котором взят кредит, или разделение долга на две равные части, выплачиваемые в году взятия кредита и последующем году.

**Математическая модель.** Для рассматриваемой задачи выбора оптимального портфеля развития предприятия математическая модель (1)-(22) будет иметь следующие параметры:

- длительность проекта,  $T = 4$ ;
- количество проектов, из которых формируется портфель проектов,  $J = 3$ ;
- количество банков, которые могут кредитовать реализацию портфеля проектов,  $L = 3$ ;
- инфляция  $a = 8\%$  (считается, что инфляция в течение длительности проекта постоянная);
- годовая процентная ставка по депозиту равна  $10\%$  (в формуле (10)  $r = 0,10$ );
- процентные ставки по кредитам в  $t$ -м периоде времени, используемые в формуле (7), приведены в табл. 1;
- прогноз прибыли предприятия в  $t$ -м году  $Q(t)$ , используемый в формуле (10), (без учета инноваций, определяемых портфелем проектов) приведен в табл. 2.

Таблица 1

Годовые процентные ставки банков

Год, $t$	Название банка		
	Б1, $l_1(t)$	Б2, $l_2(t)$	Б3, $l_3(t)$
1	15%	19,30%	18,50%
2	15%	19,30%	18,50%
3	15%	19,30%	18,50%
4	15%	19,30%	18,50%

Таблица 2

Прибыль предприятия, которая может идти на финансирование портфеля проектов (определена экспертным путем), млн грн

$t$	1	2	3	4
$Q(t)$	1,50	1,651	1,292	0,858

Фирма к началу первого года реализации проекта не имеет средств на покупку оборудования по всем проектам. Поэтому дополнительно к ограничениям в задаче (3)-(24) требуется ввести ограничение, смысл которого: затраты на покупку оборудования в первом году должны быть не меньше суммы всех взятых кредитов и самофинансирования в этом году

$$\sum_{i=1}^3 g_1 x_i \leq \sum_{i=1}^3 k_i(1) y_i + \delta Q(1),$$

где  $g_i$  – стоимость оборудования, предусмотренная  $i$ -м проектом табл. 3.

Таблица 3

Стоимость покупки оборудования в начале первого года реализации портфеля проектов, млн грн

Проект 1	Проект 2	Проект 3
$g_1$	$g_2$	$g_3$
0,413	0,345	1,008

**Расчет оптимального портфеля проектов.** В таблицах (4) и (5) приведены характеристики трех проектов.

Таблица 4

Затраты (по годам) на реализацию проектов развития предприятия, млн грн

Год $t$	Проект 1, $u_1(t)$	Проект 2, $u_2(t)$	Проект 3, $u_3(t)$
1	11,02	6,30	10,21
2	20,04	7,10	14,02
3	21,79	7,80	15,20
4	23,53	8,46	16,40
Итого	76,38	29,66	55,83

Таблица 5

Доход (по годам) от реализации проектов развития предприятия, млн грн

Год $t$	Проект 1, $d_1(t)$	Проект 2, $d_2(t)$	Проект 3, $d_3(t)$
1	11,40	6,28	10,40
2	21,15	7,63	15,46
3	22,50	8,39	16,69
4	23,90	9,15	17,90
Итого	78,95	31,45	60,45

Сначала были проведены расчеты для определения влияния самофинансирования на выбор оптимального портфеля проектов. При этом предполагалось, что кредиты у банков не берутся. Для реализации этого условия было введено ограничение  $u_1 + u_2 + u_3 = 0$ . Результат приведен в табл. 6

Из табл. 6 следует, что с помощью самофинансирования можно получить не более 9,086 млн грн дисконтированного дохода. При этом портфель проектов будет состоять из двух проектов (первого и второго), собственные средства будут браться в полном объеме. При использовании от 0,6 до 0,9 доли прибыли от собственной деятельности суммарный дисконтированный доход составит 6,145 млн грн от реализации портфеля проектов, состоящего всего из одного (первого) проекта. Доход в 2,94 млн грн возможно получить от портфеля проектов, состоящего из второго проекта, используя половину собственной прибыли предприятия. Портфель не может быть сформирован, если предприятие выделит на реализацию портфеля 0,4 и менее собственной прибыли.

Таблиця 6

Влияние самофинансирования на выбор оптимального портфеля проектов

Доля прибыли фирмы, идущая на реализацию портфеля проектов, $\delta$	Суммарный дисконтированный доход за четыре года, млн грн	Количество проектов в оптимальном портфеле проектов	Состав оптимального портфеля проектов
1,0	9,086	2	1,2
0,9	6,145	1	1
0,8	6,145	1	1
0,7	6,145	1	1
0,6	6,145	1	1
0,5	2,94	1	2
0,4	0	0	Портфель не может быть сформирован
0,3	0	0	Портфель не может быть сформирован
0,2	0	0	Портфель не может быть сформирован
0,1	0	0	Портфель не может быть сформирован
0	0	0	Портфель не может быть сформирован

Далее были проведены расчеты по выбору оптимального портфеля проектов, когда из-за недостаточности собственных средств предприятия возможно привлечение кредитов. В этом случае необходимо ввести ограничение на булевы переменные  $y_i$ ,  $i = 1,2,3$

$$y_1 + y_2 + y_3 \geq 0.$$

Согласно этому ограничению возможно кредитование всеми банками.

Результаты расчетов приведены в табл. 7.

Наибольший суммарный дисконтированный доход (14,954 млн грн), судя по табл. 7, можно получить, используя от 0,7 до 1 доли собственных средств и привлекая кредит второго банка в размере 3,485 млн грн. Причем, кредит берется в первом году на сумму 0,9 млн грн, а во втором – 2,585 млн грн. В этом случае портфель проектов будет состоять из двух проектов: первого и третьего. При использовании 0,6 доли собственных средств и при той же величине кредита предприятие получит доход, равный 11,751 млн грн от реализации портфеля проекта, состоящего из второго и третьего проектов. Привлекая 0,5 и менее долей собственных средств и кредита на сумму 3,485 млн грн второго банка, в портфель проектов войдут первый и второй проект, а доход от их реализации составит 9,394 млн грн. Возможно также исключение собственных средств предприятия из финансирования портфеля. В таком случае необходимо взять кредит второго банка на 4,2 млн грн, суммарный дисконтированный доход при этом составит 9,505 млн грн.

Таблиця 7

Выбор оптимального портфеля проектов с учетом самофинансирования и кредитных средств

Доля прибыли фирмы, идущая на реализацию портфеля проектов, $\delta$	Суммарный дисконтированный доход за четыре года, млн грн	Банк, в котором берется кредит	Сумма кредитов за 4 года, млн грн	Количество проектов в оптимальном портфеле проектов	Состав оптимального портфеля проектов
1,0	14,954	2	3,485	2	1,3
0,9	14,954	2	3,485	2	1,3
0,8	14,954	2	3,485	2	1,3
0,7	14,954	2	3,485	2	1,3
0,6	11,751	2	3,485	2	2,3
0,5	9,394	2	3,485	2	1,2
0,4	9,394	2	3,485	2	1,2
0,3	9,394	2	3,485	2	1,2
0,2	9,394	2	3,485	2	1,2
0,1	9,394	2	3,485	2	1,2
0,0	9,505	2	4,270	2	1,2

Сравнив результаты табл. 6 и 7, можно сделать вывод, что оптимальным портфелем проектов, приносящим наибольший суммарный дисконтированный доход, является портфель, который содержит в себе два проекта (первый и третий). Финансирование данного портфеля осуществляется с помощью всей собственной прибыли предприятия и взятия кредита от банка Б2.

Оценим эффективность выбранного портфеля проектов по показателям, рассмотренным в [1,4]. Имеем, согласно [1], годы

$$DPB = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{k(t) + PK(t)}{\left(1 + \frac{a}{100}\right)^{t-1}}}{\sum_{t=1}^T \frac{E(t) - \delta Q(t)}{\left(1 + \frac{a}{100}\right)^{t-1}}} = 0,6,$$

где  $E(t)$  определяется по формуле (12),  $k(t)$  – по (8),  $PK(t)$  – по (9).

Определим внутреннюю норму прибыльности  $IRR$ . Эта величина является решением этого уравнения [2]

$$\Gamma_z \sum_{t=1}^T \frac{E(t) - \delta Q(t)}{(1 + IRR)^t} = \sum_{t=1}^T \frac{INV(t)}{\left(1 + \frac{a}{100}\right)^{t-1}}; T = 4.$$

Решением этого уравнения является  $IRR=0,254$ .

**Выводы.**

1. Разработана модель формирования оптимального портфеля проектов, которая детально учитывает все денежные потоки за время длительности проекта. В отличие от известных моделей, искомыми переменными являются объемы кредитования различными банками и суммы выплачиваемого долга. Это позволяет управлять процессом обслуживания кредитов и сокращать срок пользования кредитом в сравнении с договорным.

2. Разработанная модель формирования портфеля проектов является динамической. С ее помощью можно моделировать картину затрат и доходов от портфеля проектов в течение его реализации. Это позволяет, в частности, определить период времени, с которого у предприятия появляются оборотные средства в достаточном количестве для обеспечения функционирования проекта на обозримое будущее (при условии отсутствия собственных средств для финансирования портфеля проектов)

3. Приведенное в статье решение реальной задачи показывает работоспособность и полезность разработанной модели. Она может быть применена для предприятий горной промышленности, которые стремятся реализовать свои стратегические цели путем внедрения инвестиционных проектов, а также их портфелей.

#### Список литературы/ References

1. Матвеев А.А. Модели и методы управления портфелями проектов / Матвеев А.А., Новиков Д.А., Цветков А.В. – М.: ПМСОФТ, 2005. – 206 с.

Matveev, A.A., Novikov, D.A. and Tsvetkov, A.V. (2005), *Modeli i metody upravleniya portfelyami projektov* [Project Portfolio Management Models and Methods], PMSOFT, Moscow, Russia.

2. Бушуев С.Д. Часова оптимізація портфеля реальних інвестиційних проектів / С.Д. Бушуєв, М.І. Гиба // Управління проектами та розвиток виробництва: 36. наук. праць. – 2007. – № 2 (22) . С 36–47.

Bushuev, S.D. and Giba, M.I. (2007), “Timing optimizations of project real investment portfolio”, *Upravlinnya proektamy ta rosvytok vyrobnytstva*, no2(22), pp. 36–47.

3. Radulescu, C.Z. and Radulescu, M. “Project Portfolio Selection Models and Decision Support”, available at: [http://sic.ici.ro/sic2001\\_4/art03.html](http://sic.ici.ro/sic2001_4/art03.html)

4. Савчук В.П. Финансовый менеджмент предприятия: прикладные вопросы с анализом деловых ситуаций / Савчук В.П. – К.: Издательский дом „Максимум“, 2001. – 600 с.

Savchuk, V.P. (2001), *Finansovyy menegment predpriyatiy* [Enterprise Financial Management], Maximum, Kiev, Ukraine.

**Мета.** Вибір складу портфелю проектів розвитку підприємства, що забезпечує максимальну ефективність від його реалізації на заданому інтервалі часу.

**Методика.** Метод нелінійної оптимізації зі змінними змінними.

**Результати.** Розроблена математична модель та перевірена на реальній задачі. Її цільовою функцією є максимум доходу за період реалізації портфелю проектів. В якості обмежень виступають балансові співвідношення. Передбачено два джерела фінансування портфелю проектів: кредити та власні кошти підприємства. Шуканими змінними є булеві та неперервні змінні. За допомогою булевих змінних формалізується відбір проектів із заданої їх множини та вибір кредитних установ для кредитування. Причому, передбачено,

що кожний банк пропонує підприємству декілька схем кредитування та виплати боргу. Безперервними змінними є розміри кредиту та сплачуваних боргів. Завдяки варіюванню величинами повернення кредиту є можливість економії коштів за рахунок зменшення сплати процентів.

**Наукова новизна.** Модель дозволяє керувати фінансовими потоками підприємства при формуванні портфелю проектів та його реалізації, здійснювати варіантні розрахунки з метою вибору раціонального співвідношення між об'ємами кредитування та самофінансування. Заради зведення вартостей фінансових ресурсів до цін початкового періоду використовується коефіцієнт дисконтування.

**Практична значимість.** Результати цієї роботи можуть бути використані при вирішенні задач планування розвитку промислового підприємства, зокрема, підприємств гірничої промисловості.

**Ключові слова:** проект, портфель проектів, кредит, банк, самофінансування, дохід, проценти по кредиту та депозиту, функція цілі

**Purpose.** To select a project development portfolio which ensures maximum efficiency from its realization in the definite time period.

**Methodology.** We have implemented the nonlinear optimization method with mixed variables.

**Findings.** We have developed the mathematical model and tested it on the real task. The objective function of the model is maximal income for the portfolio realization period. Balance expressions serve as restrictions. Project portfolio has two funding source: credits and enterprise's own funds. Boolean and continuous values are the desired variables. Projects and credit institutions selection is formalized by Boolean variables. It is provided that every bank offers a few schemes of crediting and repayment of debt to the enterprise. The values of credits and debts repayment are continuous variables. There is a possibility of saving cash resources at the expense of interest payment diminishing due to return credit values varying.

**Originality.** The model allows managing cash flows during portfolio creation and realization. It fulfils variant calculations for choice of rational relation between volumes of crediting and self-finance. A discount factor is used for reducing the financial resources costs to the initial period costs.

**Practical value.** Results of this work can be used for solving of an industrial enterprise planning development tasks, particularly, for enterprises in mining industry.

**Keywords:** project, project portfolio, credit, bank, self-finance, income, credit and deposit interest, objective function

Рекомендовано до публікації докт. екон. наук Л.М. Солодовником. Дата надходження рукопису 12.02.13.