

В. В. КОНДРАЩЕНКО, аспирант НТУ «ХПИ»

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СППР ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СХЕМЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА

Представлено технологію побудови схеми фінансування інвестиційних проектів з залученням банківського кредиту та функціональні можливості системи підтримки прийняття рішень. Запропонована структура програмного комплексу, описані основні класи. Для роботи з програмним комплексом запропонований інтерфейс користувача, описані основні екранні форми для введення вихідної інформації та для виводу проміжних і підсумкових розрахунків.

Представлена технология построения схем финансирования инвестиционных проектов с привлечением банковского кредита и функциональные возможности системы поддержки принятия решений. Предложена структура программного комплекса, описаны основные классы. Для работы с программным комплексом предложен интерфейс пользователя, описаны основные экранные формы для ввода исходной информации и для вывода промежуточных и итоговых расчетов.

The technology of computation the financing schemes for investment projects with attraction of the bank credit and the main functions of decision support system are presented. The software complex structure is offered. The main classes are described. The user interface of software complex is offered. Main screenshots for input the data and output the intermediate and final results are described.

Введение. Задача финансирования проектов относится к задачам управления проектами, поэтому программные комплексы для управления этими процессами зачастую являются подсистемами более крупных продуктов, охватывающих и другие аспекты планирования и управления проектами [1-3]. На данный момент в существующих системах, представленных на рынке программных продуктов, отсутствуют модули построения схем финансирования проектов на основе нечетких данных о проекте; на основе смешанного привлечения денежных средств, т. е. как с участием собственного капитала, так и инвестиций от внешних источников; с привлечением инструментов фондового рынка; отсутствуют средства автоматизированного построения оптимальной схемы финансирования и инструментов анализа экономической эффективности привлечения того или иного источника [4, 5]. Поэтому в данной работе предлагается технология формирования схем за счет привлечения банковских кредитов, а также программный комплекс, реализующий систему поддержки принятия решений (СППР) по построению схем финансирования проектов.

Технология построения схемы финансирования инвестиционного проекта с привлечением банковского кредита. Привлечение банковского кредита в качестве источника стороннего финансирования не требует учета финансового интереса стороннего инвестора (банка), как в случае с прямыми инвестициями [4, 5]. Это связано с тем, что коммерческий интерес банка

выражается в параметрах займа, таких как процентная ставка, схема погашения и длительность кредита.

Будем считать, что все ресурсы, необходимые для выполнения проекта, представлены в стоимостном выражении, а весь период выполнения разбит на N равных этапов. Для каждого этапа считаются известными объем средств $d_k (k = \overline{1, N})$, необходимый для вложения (инвестиции, затраты), и чистый доход проекта $p_k (k = \overline{1, N})$, который ожидается получить на данном этапе.

Для непрерывной реализации проекта необходимо, чтобы в начале каждого этапа оборотных средств было достаточно для покрытия расходов на этом этапе. Для этого могут быть использованы два источника финансирования проекта: целевые средства, выделенные на реализацию проекта предприятием, и банковский кредит. Целевые средства выделяются однократно в начале первого этапа, а кредит может быть взят в начале любого этапа, кроме последнего (при этом сумма кредита поступает в оборотные средства предприятия без промедления). В данной работе под оборотными средствами будем понимать денежные средства либо их эквиваленты, которые могут быть быстро переведены в денежную форму. Другие виды оборотных средств не рассматриваются. Размер кредита и длительность его использования ограничены. Кредит характеризуется размером, длительностью использования и схемой погашения. Погашение кредита осуществляется поэтапно на протяжении всего срока использования; величина срочной уплаты определяется видом проекта и схемой погашения кредита. Принятие решения на каждом из этапов о взятии кредита, его размере и длительности использования, определяется запасом оборотных средств на предприятии. Обозначим уровень запасов денежных средств в конце k -го этапа s_k . Тогда полагая, что начальный уровень запасов оборотных средств равен Q , можно записать $s_0 = Q$. Уровень запасов денежных средств на k -м этапе равен:

$$s_k = s_{k-1} - d_k + p_k + x_k - \sum_{i=1}^{k-1} Y_i \quad (1)$$

где s_{k-1} – уровень запасов денежных средств для инвестирования в конце $(k-1)$ -го этапа;

d_k – затраты на реализацию проекта в k -м этапе;

p_k – поступления денежных средств от внедрения проекта в k -м этапе;

x_k – размер кредита, взятого в начале k -го этапа;

$\sum_{i=1}^{k-1} Y_i$ – суммарные затраты на погашение кредитов, взятых на предыдущих этапах (как суммы погашения основного долга, так и начисленные проценты).

Затраты в k -м этапе на погашение кредита, взятого в i -м этапе, определяются следующим образом:

$$Y_i^{t_i} = \begin{cases} Y_i(x_i, n_i), & \text{если } (k-i) \leq n_i \text{ и } k > i, \\ 0, & \text{если } (k-i) > n_i \text{ или } k < i \end{cases} \quad (2)$$

где вид функции Y_i определяется типом схемы погашения кредита t_i . Ниже приводятся формулы расчета срочной уплаты Y_i для рассматриваемых схем погашения кредитов:

1. Погашение долга равными срочными платежами:

$$Y_i^1 = \begin{cases} x_i \cdot \frac{(1+r(n_i))^n}{1+r(n_i)}, & \text{если } (k-i) \leq n_i \text{ и } k > i, \\ 0, & \text{если } (k-i) > n_i \text{ или } k < i \end{cases} \quad (3)$$

2. Погашение займа равными выплатами основного долга:

$$Y_i^2 = \begin{cases} \left[x_i - \frac{x_i}{n_i} (i-k-1) \right] \cdot i + \frac{x_i}{n_i}, & \text{если } (k-i) \leq n_i \text{ и } k > i, \\ 0, & \text{если } (k-i) > n_i \text{ или } k < i \end{cases} \quad (4)$$

3. Выплаты изменяются в арифметической прогрессии:

Если $(k-i) \leq n_i$ и $k > i$, то

$$Y_i^3 = \left[x_i - \left(\frac{x_i}{n_i} - \frac{(n_i-1) \cdot d}{2} \right) \cdot (i-k-1) - d \cdot \sum_{j=1}^{i-k-2} j \right] \cdot r(n_i) + \frac{x_i}{n_i} - \frac{(n_i-1) \cdot d}{2} + (i-k-1) \cdot d, \quad (5)$$

где d – разность арифметической прогрессии.

Если $(k-i) > n_i$ или $k < i$, то $Y_i = 0$.

4. Выплаты изменяются в геометрической прогрессии:

Если $(k-i) \leq n_i$ и $k > i$, то

$$Y_i^4 = \left[x_i - h_1 \cdot \sum_{j=0}^{i-k-2} q^j \right] \cdot r(n_i) + h_1 \cdot q^{i-k-1}, \quad (6)$$

где q – знаменатель геометрической прогрессии;

$$h_1 = \begin{cases} x_i \cdot \frac{1-q}{1-q^{n_i}}, & \text{если } q < 1 \\ x_i \cdot \frac{q-1}{q^{n_i}-1}, & \text{если } q \geq 1 \end{cases}.$$

Если $(k-i) > n_i$ или $k < i$, то $Y_i = 0$.

Таким образом, в каждом этапе на протяжении периода использования кредита ($(k-i) \leq n_i$ и $k > i$) должны производиться отчисления на погашение кредита, а после ($(k-i) > n_i$) – отчисления равны нулю. Тогда для каждого k -го этапа может быть выбран кредит со схемой погашения $t_k \in \{1, 2, 3, 4\}$, где цифра 1, 2, 3, 4 означает вышеприведенные способы вычисления выплат погашения кредитов.

Для поддержания уровня оборотных средств, достаточного для покрытия инвестиционных затрат на каждом этапе, необходимо, чтобы выполнялось условие $s_k \geq 0$.

Величину процентных выплат по кредиту W_k , взятому в k -м этапе, можно рассчитать на основании следующей формулы:

$$W_k = x_k \cdot (1+r(n_k))^{n_k} - x_k,$$

где $r(n_k)$ – величина процентной ставки по кредиту, приведенная к размерности [% в этап].

Тогда суммарные процентные выплаты будут равны сумме процентных выплат по кредитам, взятым в каждом из этапов:

$$W = \sum_{k=1}^N [x_k \cdot (1+r(n_k))^{n_k} - x_k]$$

где $x_k = 0$ для этапов, в которых кредит брать не нужно и $x_k \neq 0$ в противном случае.

Учет ограниченности размера кредита произведем путем введения констант x^{\min} и x^{\max} . x^{\min} определяет минимальный размер кредита, который может быть взят на одном этапе, x^{\max} – соответственно

максимальный размер кредита. Аналогично длительность использования кредита ограничивается константами n^{\min} и n^{\max} .

Таким образом, можно построить следующую математическую модель:

$$W = \sum_{k=1}^N [x_k \cdot (1 + r(n_k))^{n_k} - x_k] \quad (7)$$

$$s_k = s_{k-1} - d_k + p_k + x_k - \sum_{i=1}^{k-1} Y_i^{t_i}, k = \overline{1, N} \quad (8)$$

$$x^{\min} \leq x_k \leq x^{\max}, k = \overline{1, N} \quad (9)$$

$$n^{\min} \leq n_k \leq n^{\max}, k = \overline{1, N} \quad (10)$$

$$t_k \in \{1, 2, 3, 4\}, k = \overline{1, N} \quad (11)$$

$$s_0 = Q \quad (12)$$

$$s_k \geq 0, k = \overline{1, N}, \quad (13)$$

где $Y_i^{t_i}$ ($t_k \in \{1, 2, 3, 4\}$) определяются по формулам (3)-(6).

Следовательно, необходимо определить такие значения x_k , n_k и выбрать схемы погашения кредитов t_k ($k = \overline{1, N}$), которые удовлетворяют условиям (8)-(13) и доставляют минимум функции (7).

Ввиду того, что исходная задача имеет высокую размерность $3N$, где N – количество этапов реализации проекта, в первую очередь предлагается выполнить преобразования, направленные на уменьшение размерности модели. Классический подход к достижению данной цели состоит в преобразовании исходной математической модели к задаче динамического программирования. Будем рассматривать N -шаговый процесс оптимизации, при котором на каждом шаге определяются условно-оптимальные затраты на все взятые кредиты до этого шага включительно. Величина этих затрат равна W_k :

$$W_k = \min_{x_k, n_k} \{W_{k-1} + (x_k(1 + r(n_k))^{n_k} - x_k)\}$$

Это соотношение показывает, что суммарные начисленные проценты на k -м этапе определяются как сумма начисленных процентов на $(k-1)$ -м этапе плюс величина начисленных процентов по кредиту, взятому в k -м этапе. Соответственно, если в k -м этапе кредит брать не нужно, то x_k будет

равно нулю и $W_k = W_{k-1}$. На каждом шаге необходимо обеспечить неотрицательный уровень запасов оборотных средств, достаточный для покрытия затрат на текущем этапе. Уровень запасов оборотных средств s_k определяется по формуле:

$$s_k = s_{k-1} - d_k + p_k + x_k - \sum_{i=1}^{k-1} Y_i.$$

В результате на основании задачи нелинейного программирования (7)-(13) имеем задачу динамического программирования:

$$W_k = \min_{x_k, n_k} \{W_{k-1} + (x_k(1 + r(n_k))^{n_k} - x_k)\} \quad (14)$$

$$s_k = s_{k-1} - d_k + p_k + x_k - \sum_{i=1}^{k-1} Y_i \quad (15)$$

$$x^{\min} \leq x_k \leq x^{\max}, k = \overline{1, N} \quad (16)$$

$$n^{\min} \leq n_k \leq n^{\max}, k = \overline{1, N} \quad (17)$$

$$t_k \in \{1, 2, 3, 4\}, k = \overline{1, N} \quad (18)$$

$$s_0 = Q \quad (19)$$

$$s_k \geq 0, k = \overline{1, N} \quad (20)$$

Решением задачи (14)-(20) является определение таких значений x_k , n_k и t_k , которые удовлетворяют условиям (15)-(20) и доставляют минимум (14). Задача математического программирования (14)-(20) относится к классу задач с аддитивной целевой функцией, для решения которых наиболее часто применяется алгоритм «киевский веник». Основное содержание алгоритма состоит в формулировке правил последовательного сужения множества конкурентоспособных вариантов. Однако, задача (14)-(20) не удовлетворяет принципу оптимальности Беллмана, который гласит, что характер траектории, переводящей систему из положения (x_i, t_i) в положение (x_k, t_k) ($i < k$), не должен зависеть от состояния системы в моменты, предшествующие t_i . Это связано с тем, что управления, осуществляемые на i -м этапе, влияют на систему ограничений (14)-(20) посредством изменения переменной Y_k ($k > i$).

Таким образом, наиболее рациональным методом решения данной задачи динамического программирования является метод последовательного анализа

вариантов. Совокупность величин x_k , n_k и t_k образуют некоторый вариант кредитования проекта на k -м шаге. В рассматриваемом случае все указанные переменные являются дискретными, поэтому множество вариантов для каждого этапа конечно. Пусть для k -го этапа таких вариантов M_k . Величина M_k не является постоянной и существенно зависит от развития ситуации в предыдущих этапах. Максимальное значение M_k определяется пределами изменения размера кредита, пределами изменения сроков кредитования, шагом квантования размера кредита и набором фиксированных параметров. В ходе решения мощность множества вариантов уменьшается, поскольку накладываются ограничения (16)-(20). Так, например, часть вариантов отбрасывается за счет ограничений (17) и (20), которые определяют нижнюю границу величины кредита в k -м этапе.

Функциональные возможности СППР. В работах [4-6] представлена концепция СППР, а также ряд моделей построения схем финансирования с привлечением инвестиционных средств от различных источников. В данной работе предлагается программная реализация данной системы. На первом этапе разработки программного комплекса были сформированы функциональные требования к системе. Все функции можно разбить на два класса:

1. Функции, направленные на расчет оптимальной схемы финансирования инвестиционного проекта.
2. Функции, направленные на обеспечение удобства взаимодействия пользователя с программой.

Общая функциональность программы отражена на диаграмме вариантов использования на рис. 1.

В программе поддерживаются следующие функции, ненаправленные прямо на решение поставленной задачи:

- редактирование (сохранение, удаление) данных о предприятиях;
- редактирование (сохранение, удаление) данных об инвесторах;
- редактирование (сохранение, удаление) данных о банках и вариантах кредитования инвестиционных проектов, предоставляемые этими данными;
- редактирование (сохранение, удаление) данных о проектах;
- редактирование (сохранение, удаление) параметров модели расчета;
- сохранение отчета о проведенных расчетах в формате HTML.

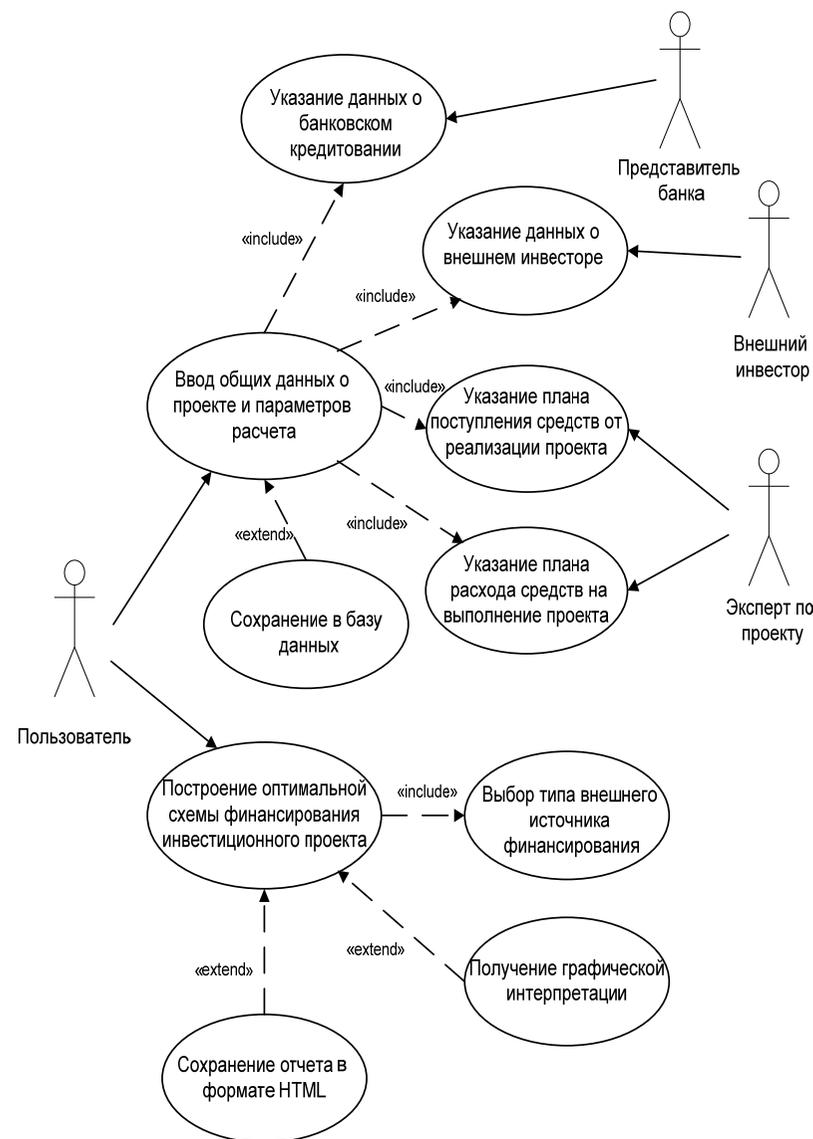


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования СППР

Структура программного комплекса. Данный программный комплекс может быть установлен на компьютере под управлением любой операционной системы, поддерживаемой технологией Java. Для запуска программы необходимо, чтобы была установлена виртуальная машина Java

версии 1.5 или старше. Программное обеспечение представлено в комплекте из шести файлов, описание которых приведено в табл. 1.

Таблица 1

Комплектность программного обеспечения

№п/п	Имя файла	Описание
1	pio.jar	Java-архив, содержащий все классы программы. Содержит главный класс org.khpi.asu.ui.PioMain
2	lib/jcommon-1.0.16.jar	Библиотека вспомогательных классов.
3	lib/jfreechart-1.0.13.jar	Библиотека классов для построения графиков в Swing/AWT программах
4	lib/sqlitejdbc-v056.jar	Java-архив, содержащий JDBC драйвер для работы с СУБД SQLite
5	db.properties	Конфигурационный файл
6	piodb.db	Файл базы данных

Запуск приложения осуществляется путем выполнения файла pio.jar командой javaw -jar pio.jar. После запуска приложения на экране открывается главное окно программы. Оно содержит главное меню программы, позволяющее получить доступ к другим окнам и функциям программы, а также список сохраненных в базе данных параметров моделей расчета схем финансирования проектов. С помощью разработанного интерфейса можно редактировать данные, занесенные в базу данных. В результате реализации предложенных моделей схем финансирования на экран выводятся итоговые и промежуточные расчеты.

Каждой экранной форме в структуре программного обеспечения соответствует файл, содержащий класс, описывающий данную форму. Кроме этого, файлы содержат функции направленные на обеспечение удобства взаимодействия пользователя с программой, и функции обработки событий форм. К таким событиям относятся: события, вызываемые действиями пользователя (нажатие кнопок, ввод/изменение данных, изменение размеров рабочей области окна и т.п.) и события, вызываемые командами из других форм (изменение содержания или оформления формы, открытие/закрытие окна и др.).

Перечень классов, которые реализуют аналитическую часть, приведен в табл. 2. В программе реализованы классы для взаимодействия с базой данных, записи ошибок возникающих в программе для последующего их анализа, и классов, реализующих экранные формы для взаимодействий с пользователем. Краткое описание классов, не относящихся непосредственно к реализации алгоритма расчета оптимальной схемы финансирования предприятия, представлено в табл. 3.

Описание классов, реализующих расчетную функциональность СППР

№ п/п	Название класса	Описание
1	org.khpi.asu.math.Simplex	Класс, реализующий решение ЗЛП методом последовательного улучшения плана
2	org.khpi.asu.math.fuzzy.FuzzyLinearOptimization	Класс, реализующий решение ЗЛП с нечеткими коэффициентами
3	org.khpi.asu.math.fuzzy.FuzzyNumber	Класс, описывающий нечеткое число треугольного вида
4	org.khpi.asu.investments.InvestmentsOptimization	Класс, реализующий расчет оптимальной схемы финансирования предприятия с привлечением прямых инвестиций
5	org.khpi.asu.crediting.CreditsOptimization	Класс, реализующий расчет оптимальной схемы финансирования предприятия с привлечением кредита
6	org.khpi.asu.investments.criteria.InvestorNpvCriterion	Класс, описывающий критерий максимизации прибыли инвестора
7	org.khpi.asu.investments.criteria.EnterpriseNpvCriterion	Класс, описывающий критерий максимизации прибыли предприятия
8	org.khpi.asu.investments.criteria.CapitalCostsCriterion	Класс, описывающий критерий минимизации суммарной стоимости затраченного капитала
9	org.khpi.asu.data.entities.Project	Класс, описывающий проект и его параметры
10	org.khpi.asu.data.entities.Investor	Класс, описывающий инвестора
11	org.khpi.asu.data.entities.Bank	Класс, описывающий банк и варианты кредитования, предоставляемые этим банком
12	org.khpi.asu.crediting.Credit	Класс, описывающий кредит, выданный данным банком данному предприятию для финансирования указанного проекта
13	org.khpi.asu.data.entities.Enterprise	Класс, описывающий предприятие
14	org.khpi.asu.data.entities.InvestingModel	Класс, описывающий параметры математической модели для расчета оптимальной схемы финансирования предприятия с привлечением прямых инвестиций
15	org.khpi.asu.data.entities.CreditingModel	Класс, описывающий параметры математической модели для расчета оптимальной схемы финансирования предприятия с привлечением банковских кредитов
16	org.khpi.asu.data.entities.PaymentScheme	Перечисление, содержащее описание схем погашения кредитов

Таблица 3

Описание классов, реализующих экранные формы для взаимодействий с пользователем

№ п/п	Название класса	Описание
1	org.khpi.asu.ui.PioMain	Главное окно программы. Содержит список сохраненных математических моделей
2	org.khpi.asu.ui.EditInvOrEntFrame	Окно редактирования данных о предприятиях и инвесторах
3	org.khpi.asu.ui.EditProjectsFrame	Окно редактирования данных о проектах
4	org.khpi.asu.ui.EditBankFrame	Окно редактирования данных о банках и предоставляемых ими схемах кредитования инвестиционных проектов
5	org.khpi.asu.ui.ModelTypeSelector	Окно выбора типа источника внешнего финансирования перед началом построения оптимальной схемы финансирования инвестиционного проекта
6	org.khpi.asu.ui.InvestringModelFrame	Окно редактирования параметров математической модели для построения оптимальной схемы финансирования инвестиционного проекта с привлечением прямых инвестиций
7	org.khpi.asu.ui.CreditingModelFrame	Окно редактирования параметров математической модели для построения оптимальной схемы финансирования инвестиционного проекта с привлечением банковского кредита
8	org.khpi.asu.ui.ModelsTableModel	Модель таблицы, содержащей список математических моделей
9	org.khpi.asu.ui.InvestingOptimizationResultsFrame	Окно для отображения результатов расчета оптимальной схемы финансирования инвестиционного проекта с привлечением прямых инвестиций. Содержит как табличное, так и графическое представление данных
10	org.khpi.asu.ui.CreditingOptimizationResultsFrame	Окно для отображения результатов расчета оптимальной схемы финансирования инвестиционного проекта с привлечением банковского кредита. Содержит табличное и графическое представление данных
11	org.khpi.asu.ui.AboutBox	Окно, содержащее информацию о программе
12	org.khpi.asu.data.DBContext	Класс, реализующий взаимодействие с базой данных
13	org.khpi.asu.data.DBManager	Класс, реализующий загрузку, сохранение и удаление данных из базы данных
14	org.khpi.asu.logging.Logger	Класс, реализующий запись ошибок программы и отладочной информации в специальный файл

Аппаратное обеспечение, необходимое для использования программного продукта, определяется из следующих соображений, с одной стороны, оно предназначено для широкого использования и чрезмерные системные требования могут значительно сократить возможности его переносимости; с другой стороны, аппаратное обеспечение должно обеспечивать комфортную работу с ним. Поэтому наиболее подходящим является компьютер 6-го поколения или более современный. Минимально необходимая тактовая частота процессора составляет минимум 533 MHz, а рекомендуемая 733 MHz и выше. В ходе тестирования было установлено, что требуется около 40 Мб свободной оперативной памяти. Общий объем требуемой оперативной памяти при этом существенно зависит от используемой операционной системы. Непосредственно для работы программного обеспечения необходимо около 10 Мб свободного места на жестком диске.

Нужно отметить, что в каждом конкретном случае объем диска должен определяться отдельно, поскольку это существенно зависит от используемой операционной системы и другого программного обеспечения, установленного на компьютере.

Выводы. Таким образом, спроектированный программный комплекс реализует систему поддержки принятия финансовых решений при управлении инвестиционными проектами. В частности, реализует процесс построения схем финансирования проектов с привлечением инвестиционных средств из различных источников. Разработанный программный продукт может использоваться как автономное приложение, так и может быть интегрирован в систему управления проектами или в систему управления предприятием. Предлагаемая СППР будет апробирована для построения схем финансирования инвестиционного проекта по строительству мусороперерабатывающего завода в г. Харькове, а также ряда других проектов.

Список литературы: 1. Benjamin C. Engineering for Business: Theory and Cases.- University Press of America, 2007.- 278p. 2. Вязовой В. С. Сравнительная таблица Open Plan Professional, Primavera, Microsoft Project // www.project.km.ru, 15.08.2009. 3. Мировой опыт внедрения//<http://www.projectmanagement.ru/pvsl.asp>, 13.11.2009. 4. Годлевский М. Д., Москаленко В. В., Кондращенко В. В. Математическая модель расчета оптимальной схемы финансирования инвестиционного проекта с привлечением внешних инвестиций.// Вестник НТУ «ХПИ» «Системный анализ, управление и информационные технологии».- Харьков: НТУ «ХПИ», 2006. – №19.- С. 151-157. 5. Годлевский М. Д., Москаленко В. В., Кондращенко В. В. Динамическая модель процесса финансирования инвестиционного проекта // Системный анализ та інформаційні технології: Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної конференції (15-19 травня 2007р., Київ). – К.:НТУУ «КПІ», 2007. –С. 99. 6. Годлевский М. Д., Москаленко В. В., Кондращенко В. В. Система поддержки принятия решений процесса финансирования инвестиционного проекта // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»: Тематичний випуск «Системний аналіз, управління та інформаційні технології». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2007. – №5. – С. 75-89.

Поступила в редколлегию 07.12.09