

## ОПТИМИЗАЦИЯ БЮДЖЕТА ФИНАНСИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА НА ГРАФАХ РАБОТ ДЛЯ НЕФТЯНОЙ И ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛЕЙ

© 2011 С.А. Морозова

Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королёва  
(национальный исследовательский университет)

В статье изложены экономико-математическая модель и методика оптимизации графика финансирования инвестиционного проекта на графах работ, которая позволяет выбирать наиболее выгодный вариант финансирования проекта, включающий комбинации запараллеливания работ и их сдвигов в пределах резервов времени выполнения, а также привлечения заёмного капитала – банковских кредитов, что является актуальным в настоящее время. Данная методика универсальна для любых крупных инвестиционных проектов. В статье приведены результаты реализации разработанной методики инвестиционного проекта нефтяной и транспортной отраслей. Данный материал – готовые рекомендации для принятия управленческих решений в области финансирования инвестиционных проектов.

*Инвестиционный проект, денежный поток, притоки, оттоки, оптимизация, график финансирования.*

**Введение.** В научной литературе, посвященной управлению проектами, выделяют несколько обширных разделов, в числе основных – календарно-сетевое планирование и управление (оптимизация расписания проекта на основе методов теории графов), а также методы управления проектами (разработка и анализ математических моделей проектов).

Математические модели применяются для постановки и решения задач по оптимизации проекта по стоимости, времени и ресурсам. Огромный вклад в математические методы управления проектами внесли следующие ученые: Бурков В.Н., Новиков Д.А., Цветков А.В., Матвеев А.А., Шапиро В.Д., Разу М.Л., Мазур И.И., Якутин Ю.В., Воропаев В.И. [1-5].

В данной статье предлагается для разработки математической модели и методики оптимизации графика финансирования инвестиционного проекта использовать методы теории графов и календарно- сетевого планирования и управления. Причем предполагается, что совокупность этапов работ инвестиционного проекта не формирует последовательную схему, оптимизация графика финансирования которой была рассмотрена ранее в работах [6-

9], а включает в себя ветвления с параллельным выполнением этапов и работ.

**Разработка экономико-математической модели и методики оптимизации графика финансирования инвестиционного проекта на графах работ.** Далее в разрабатываемой авторской экономико-математической модели и методике используются следующие обозначения:  $NPV$  – чистый дисконтированный поток инвестиционного проекта;  $R^t$  – денежные средства, полученные в момент времени  $t$  ( $t = 1, \dots, T$ );  $C_i$  – денежные средства, необходимые для оплаты работы  $i$  ( $i = 1, \dots, I$ );  $f_i(X_i)$  – функция зависимости времени окончания работ от финансирования проекта;  $X_i = (x_i^1, \dots, x_i^t, \dots, x_i^T)$  – вектор финансирования  $i$ -ой работы;  $l = (l_1, l_2, \dots, l_i, \dots, l_I)$  – вектор продолжительностей задержек выполнения работ инвестиционного проекта;  $l_g$  – множество векторов задержек выполнения работ инвестиционного проекта ( $l = (l_1, l_2, \dots, l_i, \dots, l_I) \in l_g$ );  $TF_i$  – полный резерв времени выполнения  $i$ -ой работы;  $L$  – запаздывание инвестиционного проекта;  $\sigma(L)$  – функция штрафа за запаздыва-

ние инвестиционного проекта;  $y_i$  – индикатор неустойки;  $Q^t$  – сумма неустойки за задержку окончания инвестиционного проекта в  $t$ -ый период времени;  $W^t$  – платежи по кредиту в момент времени  $t$ ;

$W^{\max}$  – величина максимального объёма кредита;  $\beta$  – процентная ставка кредита;  $\eta$  – налог на прибыль;  $\rho$  – ставка дисконтирования.

С учетом вышеприведенных обозначений, а также моделей финансирования инвестиционных проектов, изложенных в ряде работ [10-11], предлагается следующая авторская экономико-математическая модель, которую можно представить в следующем виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} NPV = \left[ \sum_{t=1}^{T+L} \left[ \left( \frac{R^t - \beta \cdot \sum_{\tau=1}^t W^\tau}{(1+\rho)^t} - \sum_{i=1}^I \frac{C_i}{(1+\rho)^{f_i(X_i)}} \right) \cdot (1-\eta) \right] - \sigma(L) \right] \xrightarrow{x \in X, W \in W^\varphi} \max, \\ \forall t = 1, \dots, (T+L) \quad \sum_{\tau=1}^t \left[ R^\tau - \sum_{i=1}^I (C_i \cdot x_i^\tau) + W^\tau - \beta \cdot \sum_{\varphi=1}^{\tau} W^\varphi \right] \geq 0, \\ \forall t = 1, \dots, (T+L) \quad W^{\max} \geq \sum_{\tau=1}^t W^\tau \geq 0, \\ \forall i = 1 \dots I \quad \text{если } l_i \leq TF_i < 0, \text{ тогда } y_i = 0, \\ \forall i = 1 \dots I \quad \text{если } TF_i < l_i, \text{ тогда } y_i = 1, \\ \sigma(L) = \sum_{i=1}^L \frac{Q^i}{(1+\rho)^{T+i}}, \quad L = \sum_{i=1}^I (l_i - TF_i) \cdot y_i, \quad \sum_{t=1}^T W^t = 0. \end{array} \right.$$

На основе вышеприведенной экономико-математической модели далее представлена авторская методика оптимизации графика финансирования инвестиционного проекта (рис. 1). Она построена на основе эвристического алгоритма и содержит пятнадцать этапов.

При реализации методики в виде программного обеспечения на первом этапе формируется массив данных *Works*, содержащий строки с исходными данными графа работ инвестиционного проекта.

На втором этапе сортируется массив *Works* по убыванию.

На третьем этапе рассчитывается размер дефицита  $D = \sum_{\tau=1}^t \left( R^\tau - \sum_{i=1}^I C_i \cdot x_i^\tau \right)$  в период времени  $t$  ( $t = 1, \dots, T$ ).

На четвертом этапе оценивается рассчитанное значение дефицита, полученное на предыдущем этапе. При отсутствии дефицита ( $D \geq 0$ ) или наличии профицита в  $t$ -ый период времени методика переходит на пятый этап, на котором период времени

$t$  сравнивается со значением продолжительности критического пути ( $t < T$ ). Если условие выполняется, то методика переходит на шестой этап, где рассматривается следующий период времени  $t = t + 1$ , после чего методика переходит к третьему этапу. При окончании перебора всех временных периодов проекта методика переходит на седьмой этап. В случае наличия дефицита ( $D \leq 0$ ) методика переходит на десятый этап, на котором рассматривается вариант переноса сроков финансирования работ проекта.

На седьмом этапе рассчитывается значение запаздывания инвестиционного проекта  $L = \sum_{i=1}^I (l_i - TF_i) \cdot y_i$ , функция «штрафа»  $\sigma(L) = \sum_{i=1}^L \frac{Q^i}{(1+\rho)^{T+i}}$ , а также значение чистого дисконтированного потока:

$$\Pi_1 = NPV_1(R^t, C_i, I, \eta, \rho, \sigma).$$

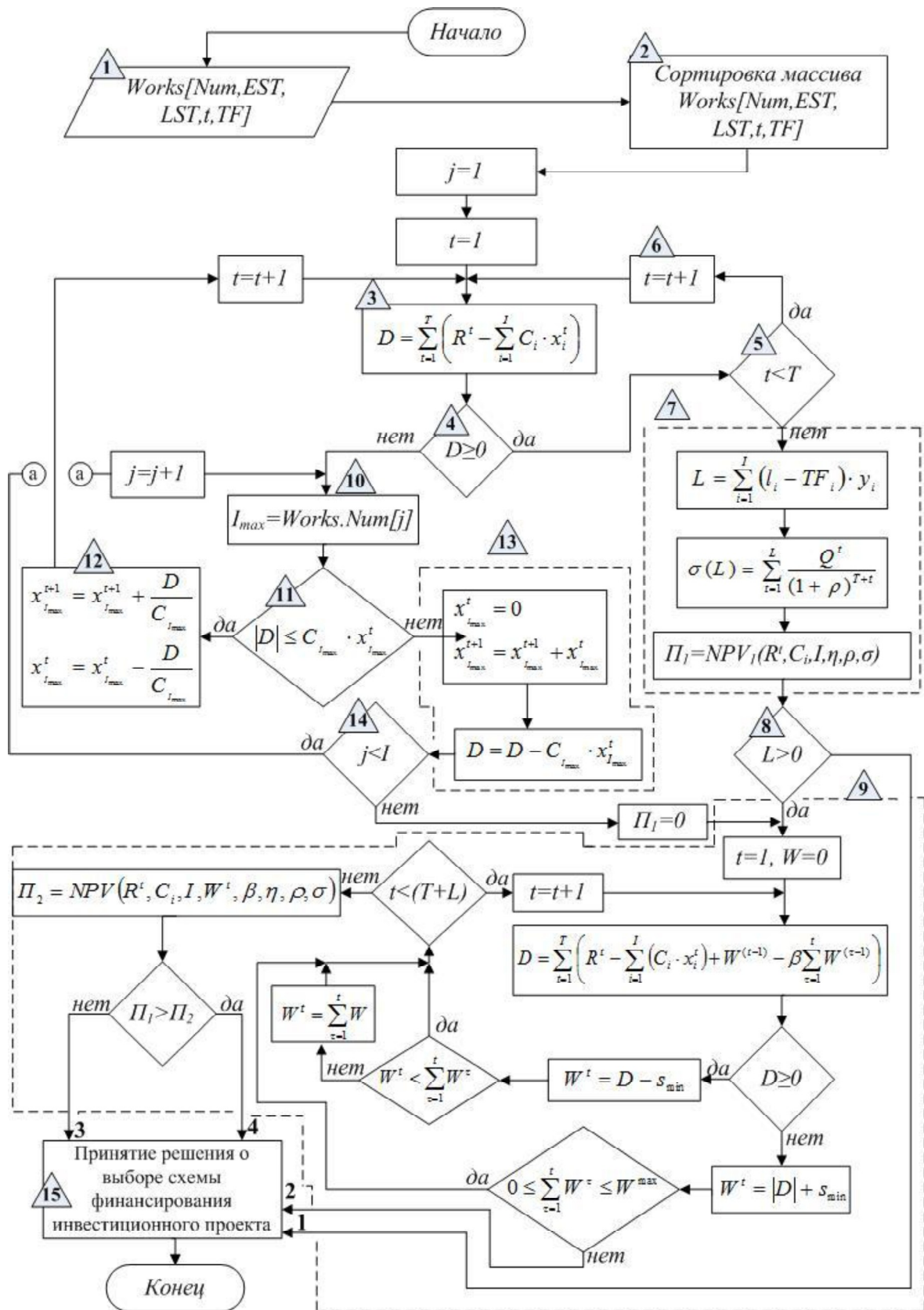


Рис. 1. Методика оптимизации графика финансирования на графах работ

На восьмом этапе оценивается запаздывание инвестиционного проекта. Если запаздывание существует ( $L > 0$ ), то методика переходит на девятый этап, на котором происходит подбор необходимого кредита.

Подбор осуществляется методом перебора всех временных периодов инвестиционного проекта. В случае существования дефицита в  $t$ -ый период времени размер необходимого кредита рассчитывается по формуле  $W^t = |D| + s_{\min}$ . После чего происходит оценка величины необходимого кредита с величиной максимального объёма кредита:  $W^{\max} \geq \sum_{\tau=1}^t W^{\tau} \geq 0$ . Если кредит невозможен, методика перешагивает на заключительный этап. По окончании перебора всех временных периодов происходит расчёт чистого дисконтированного потока  $\Pi_2 = NPV_2(R', C_i, W', \beta, I, \eta, \rho, \sigma)$  с учётом кредитования. Далее значения рассчитанных чистых дисконтированных потоков сравниваются ( $\Pi_1 > \Pi_2$ ), и методика переходит на заключительный этап.

На десятом этапе показателю  $I_{\max}$  присваивается значение номера работы  $Num$ , стоящей в первой строке массива ( $j=1$ )  $Works$ , т.е. с максимальным резервом времени.

На одиннадцатом этапе рассчитанный дефицит сравнивается с объёмом финансирования работы  $I_{\max} |D| \leq C_{I_{\max}} \cdot x_{I_{\max}}^t$ . Если на данном этапе финансирование работы  $I_{\max}$  превышает дефицит, то методика следует на двенадцатый этап, на котором объём финансирования работы  $I_{\max}$  в момент времени  $t$  частично уменьшается на объём дефицита за счёт увеличения объёма финансирования в момент времени  $t+1$ , то есть:

$$x_{I_{\max}}^{t+1} = x_{I_{\max}}^t + \frac{D}{C_{I_{\max}}} \text{ и } x_{I_{\max}}^t = x_{I_{\max}}^t - \frac{D}{C_{I_{\max}}}.$$

Далее методика возвращается на третий этап, на котором рассматривается следующий временной период.

Если же финансирование работы  $I_{\max}$  меньше дефицита, то методика переходит на тринадцатый этап, на котором объём

финансирования работы  $I_{\max}$  в момент времени  $t$  полностью переносится на момент времени  $t+1$ :

$$x_{I_{\max}}^t = 0 \text{ и } x_{I_{\max}}^{t+1} = x_{I_{\max}}^{t+1} + x_{I_{\max}}^t.$$

На данном этапе также рассчитывается новое значение дефицита после переноса расходов на будущий период, которое не удалось сократить путем «замораживания» оплаты работы с номером  $I_{\max}$ :  $D = D - C_{I_{\max}} \cdot x_{I_{\max}}^t$ . На четырнадцатом этапе происходит проверка, которая заключается в том, что пока не достигнута последняя строка массива  $Works$ , то элемент  $j$  увеличивается на единицу ( $j=j+1$ ), т.е. показателю  $I_{\max}$  присваивается значение номера работы  $Num$ , стоящей в следующей строке массива  $Works$ , т.е. с меньшим резервом времени. В случае достижения последней строки массива  $Works$  значение чистого дисконтированного потока обнуляется  $\Pi_1 = 0$ . Это означает, что за счет переноса финансирования работы на будущий период времени невозможно избавиться от дефицита. После чего методика возвращается к расчёту объёмов кредитования, т.е. на девятый этап.

На заключительном, пятнадцатом, этапе пользователю программного обеспечения необходимо принять решение о выборе схемы финансирования инвестиционного проекта.

Методика предполагает 4 сценария финансирования инвестиционного проекта, которые обозначены на рис. 1:

1. Задержка работ с максимальным полным резервом времени при дефиците денежных средств. Штрафов нет, кредиты не привлекаются.

2. При дефиците задерживаются работы с максимальным полным резервом времени. Возникают штрафы, так как кредит нереализуем.

3. Привлечение кредита при дефиците, так как расходы по кредиту будут меньше штрафных санкций при задержках.

4. Задержка работ с максимальным полным резервом времени при дефиците денежных средств, так как штрафные санкции при задержках будут меньше, чем расходы по кредиту.

После выбора пользователем схемы финансирования инвестиционного проекта методика заканчивается.

Разработанная методика позволяет найти оптимальное решение модели оптимизации графика финансирования инвестиционного проекта на графах работ самым простым методом - путем перебора всех возможных значений. Методика трудоемка, так как использует самый затратный метод – метод перебора, однако обеспечивает сходимость к оптимальному решению за конечное число шагов.

**Реализация методики оптимизации графика финансирования совместного инвестиционного проекта нефтяной и транспортной отраслей.** Реализация вышеприведенной методики осуществлена при выполнении комплексного инвестиционного проекта «Комплекс нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов в г. Нижнекамске» при государственной поддержке за счет средств Инвестиционного фонда Российской Федерации.

Комплекс состоит из трех взаимосвязанных между собой заводов.

1. Нефтеперерабатывающий завод (НП, первичная переработка нефти) мощностью по сырью 7 млн. тонн/год, содержащий в своем составе установки гидроочистки нефти, керосина и дизельного топлива, производства серы, установки Ароматического комплекса (производство ароматических углеводородов).

2. Завод глубокой переработки нефти, состоящий из установок замедленного коксования, производства водорода, гидрокрекинга тяжелых дистиллятов, гидроочистки тяжелого газойля коксования, каталитического флюидкрекинга, сернокислотного алкилирования, регенерации серной кислоты, газификации нефтяного кокса и когенерации, производства базовых масел.

3. Нефтехимический завод (НФЗ), включающий в свой состав установки производства полипропилена, линейных алкилбензолов, чистой терефталевой кислоты и полиэтилентерефталата.

Блок-схема Комплекса НП и НФЗ приведена на рис. 2.

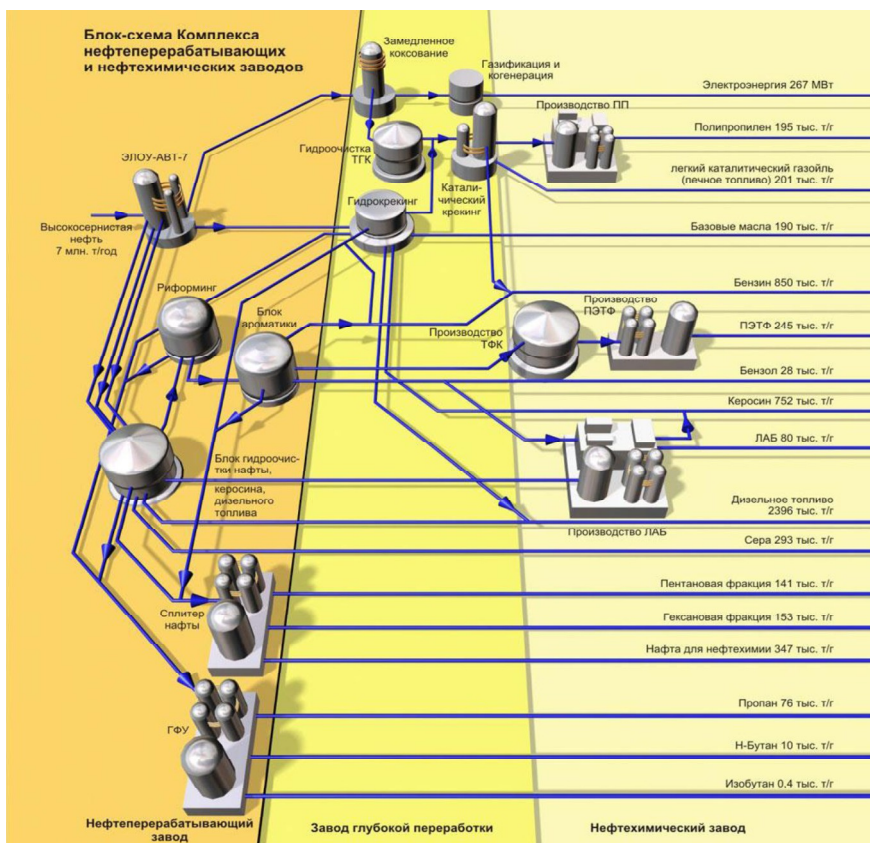


Рис. 2. Блок-схема Комплекса НП и НФЗ

Этапы реализации комплексного инвестиционного проекта	2006 год				2007 год				2008 год				2009 год				2010 год				2011 год				2012 год			
	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
Распределение денежных средств (отток)																												
1 работа																												
2 работа																												
3 работа																												
4 работа																												
5 работа																												
I этап																												
1 работа																												
2 работа																												
3 работа																												
4 работа																												
5 работа																												
6 работа																												
7 работа																												
II этап																												
1 работа																												
2 работа																												
3 работа																												
4 работа																												
5 работа																												
6 работа																												
7 работа																												
III этап																												
1 работа																												
2 работа																												
3 работа																												
4 работа																												
5 работа																												
6 работа																												
7 работа																												
IV этап																												
1 работа																												
2 работа																												
3 работа																												
4 работа																												
5 работа																												
6 работа																												
7 работа																												

Рис. 3. Процесс параллелизации работ инвестиционного проекта

Этапы реализации комплексного инвестиционного проекта	2006 год				2007 год				2008 год				2009 год				2010 год				2011 год				2012 год			
	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
Распределение денежных средств (отток)																												
1 работа																												
2 работа																												
3 работа																												
4 работа																												
5 работа																												
I этап																												
1 работа																												
2 работа																												
3 работа																												
4 работа																												
5 работа																												
II этап																												
1 работа																												
2 работа																												
3 работа																												
4 работа																												
5 работа																												
6 работа																												
7 работа																												
III этап																												
1 работа																												
2 работа																												
3 работа																												
4 работа																												
5 работа																												
6 работа																												
7 работа																												
IV этап																												
1 работа																												
2 работа																												
3 работа																												
4 работа																												
5 работа																												

Рис. 4. Фактическое время выполнения работ и резервы инвестиционного проекта после параллелизации (сплошная заливка – фактическое время выполнения, штрихи – резервы)

Строительство Комплекса подразделено на следующие этапы:

1 этап – строительство нефтеперерабатывающего завода первичной переработки нефти;

2 этап – строительство комплекса глубокой переработки;

3 этап – строительство нефтехимического комплекса;

4 этап – строительство объектов инфраструктуры (железная дорога, магистральные нефтепровод и нефтепродуктопровод).

Данный инвестиционный проект рассчитан на две отрасли – нефтяную и транспортную, поскольку реализация первых трех этапов инвестиционного проекта представляет нефтяную отрасль, а четвертый этап относится к транспортной отрасли.

В исходном варианте графика финансирования проекта притоки денежных средств не во всех временных периодах покрывают оттоки. Для этого предусмотрено банковское кредитование с погашением как тела кредита, так и процентов по нему в конце проекта. Однако расчёты денежных потоков, связанных с кредитованием, отсутствуют. Поэтому для того, чтобы оценить экономический эффект от предложенной методики, в исходный график финансирования проекта добавлены денежные потоки, связанные с получением и погашением банковских кредитов.

При исходной структуре финансирования инвестиционного проекта для покрытия расходов необходимо привлечение кредитов в размере 182 049,54 (в том числе 99 952,40 млн.руб. – основная часть кредита, 82 097,14 млн.руб. - проценты за пользование кредитом). Платежи по кредиту рассчитаны с учётом необходимого минимального остатка денежных средств предприятия на расчётном счете, равного 4 560 млн.руб., и процентной ставки 18% годовых.

Чтобы избежать кассовые разрывы, предлагается оптимизировать инвестиционный проект согласно разработанной ме-

тодике, предполагающей сдвиги работ и привлечение банковского кредита. Для этого исходный граф работ инвестиционного проекта преобразуется путем запаараллеливания основных работ согласно СНИП строительства промышленных объектов, причем кредиты при оптимизации будут привлекаться в крайних случаях, когда сдвиги работ не окажут значительного влияния на результат проекта. Процесс запаараллеливания работ представлен на рис. 3. Запаараллеливание приводит к возникновению резервов выполнения работ. На рис. 4 представлены работы инвестиционного проекта с учётом возможных сдвигов, их фактическое время выполнения, а также возможные резервы времени.

График финансирования инвестиционного проекта после оптимизации по вышеописанной методике приведен в таблице 1. Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что при оптимизации исходного графика финансирования инвестиционного проекта размер привлечения кредита для покрытия расходов снизился на 25 398,95 млн.руб. (13,95%) и составил 156 650,59 млн.руб. (в том числе 99 952,40 млн.руб. – основная часть кредита, 56 698,19 млн.руб. – проценты за пользование кредитом). В табл. 1 платежи по кредиту рассчитаны с учётом необходимого минимального остатка денежных средств предприятия, равного 4 560 млн.руб., и процентной ставки – 18% годовых. Как видно, полученные данные основного долга по кредиту совпадают. Отличается лишь сумма процентов за пользование кредитом. Это связано с тем, что при исходном варианте графика финансирования инвестиционного проекта основная часть кредита и его проценты погашаются при завершении проекта, а разработанная методика предполагает погашение кредита в любой момент времени, как только хватает денежных средств с учётом минимального остатка на расчётном счете, тем самым предотвращая кассовые разрывы.





**Выводы.** Предложенная экономико-математическая модель и методика позволяют оптимизировать существующий график инвестиционного проекта путем комбинации сдвигов и привлечения заемных средств. Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что получена наиболее удачная схема финансирования

#### Библиографический список

1. Бурков, В.Н. Как управлять проектами: Научно-практическое издание [Текст] / В.Н. Бурков, Д.А. Новиков. – М.: СИНТЕГ–ГЕО, 1997. – 188с.
2. Бурков, В.Н. Теория графов в управлении организационными системами [Текст] / В.Н. Бурков, А.Ю. Заложнев, Д.А. Новиков. – М.: СИНТЕГ, 2001. – 124с.
3. Новиков, Д.А. Управление проектами: организационные механизмы [Текст] / Д.А. Новиков. – М.: ПМСОФТ, 2007. – 140с.
4. Разу, М.Л. Управление проектом. Основы проектного управления: учебник [Текст] / М.Л. Разу, Т.М. Бронников, Б.М. Разу, С.А. Титов, Ю.В. Якутин. – М.: КНОРУС, 2006. – 768с.
5. Товб, А.С. Управление проектами: стандарты, методы, опыт [Текст] / А.С. Товб, Г.А. Ципес. – М: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003. – 240с.
6. Богатырёв, В.Д. Оптимизация инвестиционной программы строительной компании [Текст] / В.Д. Богатырёв, С.А. Гриценко // Труды международной научно-практической конференции «Управление большими системами – 2009», Т.2. – М.: ИПУ РАН, 2009. – С. 21–24.
7. Богатырёв, В.Д. Экономико-математическая модель оптимизации графика финансирования с учётом сдвигов этапов инвестиционного проекта [Текст] / В.Д. Богатырёв, С.А. Морозова // Вестник Самарского государственного университе-

инвестиционного проекта, так как объём привлеченных заёмных средств сократился на 13,95% в результате запараллеливания работ, что позволило их сдвигать в пределах резервов времени, не нарушая расписания выполнения и их продолжительности, избегая штрафные санкции.

- та путей сообщения. – 2010. – №3 (9). С. – 76–84.
8. Морозова, С.А. Модель и методика оптимизации графика финансирования инвестиционных проектов [Текст] / С.А. Морозова // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). – 2010. – №3 (23). – С. 82–93.
9. Морозова, С.А. Оптимизационная модель интеграции материальных и финансовых потоков инвестиционных проектов [Текст] / С.А. Морозова, О.В. Есипова // Экономические науки. – 2010. - №8 (69). – С. 228–233.
10. Богатырёв, В.Д. Механизм согласованного взаимодействия при реализации инвестиционных проектов [Текст] / А.В. Барвинок, В.Д. Богатырёв, Д.З. Вагапова, Э.Р. Вагапов, Д.Г. Гришанов, М.Г. Сорокина // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2003. – №3. – С. 53-57.
11. Богатырёв, В.Д. Разработка экономико-математической модели привлечения банковского кредитования при проектном финансировании с учётом самофинансирования и бюджетного финансирования [Текст] / В.Д. Богатырёв, С.В. Щеглов // Вопросы экономики и права. – 2011. – №1. – С. 317-321.

## OPTIMIZATION OF THE SCHEDULE OF FINANCING OF THE INVESTMENT PROJECT ON GRAPHS OF WORKS FOR OIL AND TRANSPORT BRANCHES

© 2011 S. A. Morozova

Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov  
(national research university)

*The economic-mathematical model and a technique of optimization of the schedule of financing of the investment projects on graphs of works which makes if possible to choose the most favorable way of financing the project, including combinations of paralleling of works and their shifts within reserves of time of performance, as well as attraction of extra capital – bank credits, which is topical now, are stated in the article. The given technique is universal for any large investment projects. Results of realization of the developed technique of the investment project of oil and transport branches are presented in the article. The given material presented ready recommendations for taking of administrative decisions in the field of financing of investment projects.*

*Investment project, cash flow, inflow, outflows, optimization, financing schedule.*

### **Информация об авторе:**

Морозова Светлана Анатольевна, аспирант СГАУ, [morozova\\_s\\_a@mail.ru](mailto:morozova_s_a@mail.ru); область научных интересов – экономико-математическое моделирование инвестиционных проектов.

### **Information about author:**

Morozova Svetlana Anatolevna, postgraduate student of SSAU, [morozova\\_s\\_a@mail.ru](mailto:morozova_s_a@mail.ru); area of research: economic-mathematical modeling of investment projects.