

приращение стоимости возможно за счет роста цены работ, услуг (объект денежной оценки — работа или услуга). Экологические последствия инновации вызовут приращение стоимости, возможно, за счет снижения штрафов (объект оценки — штрафы). Оцениваемый объект не всегда может быть точно определен. Скорее всего, придется иметь дело с группой объектов денежной оценки и, как следствие, с возможными проблемами их совместной оценки.

Таким образом, связывать коммерциализацию инноваций с приростом их стоимости, по мнению авторов, это методологически неправильно. Коммерциализация должна быть связана именно с обеспечением экономической целесообразности, одним из критериев которой является эффективность, которая предполагает получение экономического эффекта от внедрения инвестиций, обусловленных данными инновациями. Другими словами, коммерческая реализация инновации будет связана с реализацией экономически целесообразного (в том числе экономически эффективного) инвестиционного проекта, который в соответствии с Федеральным законом № 39-ФЗ представляет собой «обоснование экономической целесообразности, объема и сроков осуществления капитальных вложений, в том числе необходимая проектно-сметная документация, разработанная в соответствии с законодательством РФ и утвержденными в установленном порядке стандартами (нормами и правилами), а также описание практических действий по осуществлению инвестиций (бизнесплан)».

Выводы:

1. Существуют принципиальные отличия между инвестиционной и инновационной деятельностью.
2. Внедрение инновации предполагает создание инвестиционного проекта.
3. Экономическая эффективность инновации определяется эффективностью инвестиционного проекта.
4. Существует принципиальное различие в расчете экономического эффекта для базисной инновации и улучшающей инновации, которое находит отражение в формулах расчета элементов потока экономического эффекта для нового и действующего производства.

Библиографический список

1. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: / М-во экон. РФ, М-во фин. РФ, ГК по стр-ву, архит. и жил. политике; рук. авт. кол.: Коссов В.В., Лившиц В.Н., Шахназаров А.Г. — М.: ОАО «НПО» Изд-во «Экономика», 2000. — 421 с.
2. Статистика науки и инноваций: Краткий терминологический словарь. — : ЦИСН. 1998.
3. Иванов В. А. Сущность, классификация инноваций и их специфика в аграрном секторе. // Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета, 2008.
4. Инновационный менеджмент. Учебник / Под ред. С. Д. Ильенковой, — М.: ЮНИТИ, 1997.

УДК 669.187.012

Особенности схем финансирования инвестиционных проектов при максимизации чистого дисконтированного дохода

© 2009 г. А. М. Рытиков, С. А. Рытиков*

Ранее в работе [1] авторами рассматривалась математическая модель максимизации конечного состояния инвестора. Полностью сбалансированный по периодам жизненного цикла проекта (ЖЦП) фи-

нансовый план базового варианта обеспечивал увеличение начального капитала инвесторов более чем в десять раз. Так как в современных методиках оценки эффективности инвестиционных проектов (ИП) [2–4] рассматривается современная (настоящая) стоимость, найденная дисконтированием разновременных денежных потоков. Представляет интерес сравнение схем финансирования и оценка эффективности решения с применением динамических показателей.

* А. М. Рытиков — д. т. н., профессор МГВМИ
С. А. Рытиков — асс. кафедры «Экономика и менеджмент» МГВМИ

Напомним, что инвестиционный проект, рассматриваемый в работе [1], предусматривает создание цеха по производству металлопродукции на трех линиях «А», «Б» и «В», которые не связаны материальными потоками. «Нулевой цикл» предусматривает подготовку технико-экономической (проектно-сметной) документации и строительство здания (первый год ЖЦП), а со второго года начинается монтаж производственных линий. При этом возможны разные варианты освоения производства: либо одновременный пуск всех трех линий (это требует значительных единовременных инвестиций во втором и третьем году), либо пуск очередями с интервалом в один-два года. В последнем случае инвестиционные затраты могут быть рассредоточены во времени, но их общий объем остается неизменным. Источниками инвестиций являются собственный капитал проектостроителя, долгосрочные и/или краткосрочные кредиты, а также «внутренние» средства — денежные доходы, генерируемые проектом в результате производства и сбыта продукции.

Целью разработки имитационной математической модели, о которой речь пойдет ниже, является организация реализации инвестиционного проекта с учетом возможных вариантов создания производства и схем финансирования, а также оценка его эффективности с использованием различных критериев оптимальности.

Прямой расчет элементов дисконтированного денежного потока собственного капитала для базового варианта ($N_0 = 3000$ тыс. ден. ед.) инвестиционного проекта показал, что в случае оптимизации по критерию «максимум конечного состояния инвестора», чистый дисконтированный доход (ЧДД; Net Present Value, NPV) в конце ЖЦП при норме дисконта $E = 0,25$ равен 1168,8 тыс. ден. ед. Найденные значения внутренней нормы доходности (DYL) и индекса доходности (ИД) подтверждают эффективность участия в ИП: $ВНД > E$ и $ИД > 1$.

Однако схема финансирования, найденная в работе [1] при оптимизации по критерию «максимальное конечное состояние инвестора», не гарантирует достижение оптимума по критерию «максимальное значение ЧДД», т. е. того, что найденное выше значение ЧДД является наибольшим для возможных схем финансирования при заданных ограничениях.

1. Характерные особенности математической модели, обеспечивающей нахождение схемы финансирования ИП с максимальным значением ЧДД

Для нахождения схемы финансирования ИП, обеспечивающей максимум ЧДД при определенных граничных условиях, предложенная в работе [1] математическая модель была модифицирована следующим образом. Были введены переменные (неизвестные) в количестве равном числу интервалов планирования. Экономический смысл этих непрерывных

переменных $x_j^{\delta}(t)$ — превышение интервального значения суммарного сальдо от трех видов деятельности над нижней границей ограничения. Введенные в модель переменные $x_j^{\delta}(t)$ имеют в соответствующей строке балансовой части модели коэффициент равный «-1». Найденные в результате решения задачи значения переменных $x_j^{\delta}(t)$ образуют денежный поток, каждый элемент которого равен годовому суммарному сальдо от трех видов деятельности.

С учетом ввода переменных $x_j^{\delta}(t)$ условие финансовой реализуемости проекта в каждом году ЖЦП выражается требованием:

$$\Phi^i(t) + \Phi^s(t) + \Phi^f(t) - x_j^{\delta}(t) = 0, \quad (1)$$

Здесь $\Phi(t)$ — сальдо от инвестиционной (i), операционной (s) и финансовой (f) деятельности в год t .

В условии (1) слагается:

$$\Phi^f(t) = \sum_{j=u+1}^w (\pm F_{ij}^k x_{j \in \xi}^f) + \sum_{j=w+1}^v (\pm F_{ij}^g x_{j \in \eta}^f) + x_{ij \in \rho}^f - D_t^f,$$

где F_{ij}^k и F_{ij}^g — элементы денежных потоков, обусловленных заемными средствами, например, долгосрочными (k) и краткосрочными (g) кредитами, которые могут быть привлечены в любой год t с окончанием выплат по ним не позднее года T ; $x_{ij \in \rho}^f$ — собственные средства инвестора, авансируемые в проект в t -ом году; D_t^f — затраты, связанные с выплатой дивидендов по акциям предприятия в год t .

При оптимизации схем финансирования по критерию «максимальное значение ЧДД собственного капитала инвестора» необходимо в соответствии с [3, с.103] из суммарного сальдо трех видов деятельности в год t вычесть элемент денежного потока собственных средств этого же года. Поэтому в функцию цели коэффициенты при переменных $x_j^{\delta}(t)$ должны войти со знаком «плюс», а при переменных $x_{ij \in \rho}^f$ — со знаком «минус».

При $E > 0$ для каждого периода (года) коэффициенты дисконтирования вычисляли по формуле:

$$\alpha_1 = (1 + E)^{1-t}, \quad (2)$$

при приведении разновременных денежных потоков к первому году ЖЦП, а переменные $x_{ij \in \rho}^f$ и $x_j^{\delta}(t)$ должны иметь в функции цели коэффициенты, равные коэффициентам дисконтирования соответствующего года t :

$$F_{\max} = - \sum_{t=1}^T \alpha_t \cdot x_{j \in \rho}^f + \sum_{t=1}^T \alpha_t \cdot x_j^{\delta}(t). \quad (3)$$

Остальные условия-ограничения (по альтернативным денежным потокам, по заемным средствам в разные годы ЖЦП, по неделимости некоторых денежных потоков) аналогичны условиям-ограничениям в математической модели задачи максимизации конечного состояния инвестора [1]. Экранная форма исходной матрицы задачи оптимизации схемы финансирования ИП по критерию «максимум ЧДД» представлена на **Рис. 1**.

2. Описание исходной матрицы при максимизации чистого дисконтированного дохода ИП

Столбцы по переменным x_1 и x_2 отражают денежные потоки «нулевого цикла» инвестиционной деятельности: в первые три года – оттоки, в десятый год – приток, обусловленный ликвидацией основных фондов по остаточной стоимости.

Столбцы $x_3, x_4, \dots, x_{11}$ соответствуют интегральным потокам (инвестиционная и операционная деятельность), обусловленных вводом линий «А», «Б» и «В» по различным вариантам (римские цифры I, II и III).

Столбцы $x_{12}, x_{13}, \dots, x_{15}$ отражают возможные варианты вложения в ИП собственных средств, величина которых задана в правой части ограничения по строке 16.

Столбцы матрицы $x_{16}, x_{17}, \dots, x_{26}$ представляют варианты денежных потоков по долгосрочным (x_{16} и x_{17}) и краткосрочным ($x_{18}, x_{19}, \dots, x_{26}$) кредитам.

В столбцах $x_{27}, x_{28}, \dots, x_{33}$ представлены денежные потоки по краткосрочным депозитам, в которые могут быть вложены временно свободные средства, генерируемые проектом, для получения дополнительного дохода.

Столбцы $x_{34}, x_{35}, \dots, x_{43}$ — это эффект (сальдо) трех видов деятельности по годам ЖЦП. В рассматриваемой матрице переменным $x_j^{\delta}(t)$ в условиях-ограничениях типа (1) присвоены порядковые номера с 34 по 43.

Строки матрицы с первой по десятую соответствуют годам ЖЦП. Строка 11 отражает условие по заемным средствам. Так, наличие в этой строке коэффициентов 1000 и 100 означает: $1000x_{16} + 100x_{18} \leq 7000$, т. е. интенсивности (значения) переменных должны быть такими, чтобы в первом году ЖЦП количество заемных средств не превышало 7000 тыс. ден. ед.

Строки 12–15 отражают условия взаимосвязанности альтернативных вариантов финансирования. Так, из двух возможных схем финансирования «нулевого цикла» (строка 12) должна быть выбрана одна:

$$x_1 + x_2 = 1;$$

то же самое по альтернативным вариантам ввода линий:

$$\begin{aligned} x_3 + x_4 + x_5 &= 1 \text{ (для линии «А»);} \\ x_6 + x_7 + x_8 &= 1 \text{ (для линии «Б»);} \\ x_9 + x_{10} + x_{11} &= 1 \text{ (для линии «В»);} \end{aligned}$$

На безразмерные переменные $x_1, \dots, x_{11}$ наложено условие двоичности. Переменные $x_{16}, \dots, x_{33}$ также вместе являются безразмерными, но непрерывными; их значения в оптимальном плане определяют интенсивности использования денежных потоков.

Строка 16 отражает ограничение на вложения в проект собственных средств инвестора:

$$x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} = 3\,000.$$

Переменные $x_{12}, \dots, x_{15}$, так же, как и переменные $x_{34}, \dots, x_{43}$, имеют размерность денежных единиц, используемых в проекте.

При необходимости учета дополнительных ограничений по заемным средствам в те или иные периоды ЖЦП в исходную матрицу вводятся дополнительные строки.

В строке функции цели (ф. ц.) по переменным $x_{12}, \dots, x_{15}$ и $x_{34}, \dots, x_{43}$ размещены согласно условию (3) коэффициенты дисконтирования, вычисленные по формуле (2).

3. Результаты моделирования инвестиционного процесса

Для удобства сравнения решений по различным критериям оптимальности исходные данные и ограничительные условия, представленные в матрице (см. **рис. 1**), соответствовали базовому варианту задачи: собственный капитал, вкладываемый в ИП $N_0 = 3\,000$ тыс. ден. ед., ограничение по заемному капиталу в первом году ЖЦП – 7 000 тыс. ден. ед.

Оптимальное решение, полученное на ПЭВМ с использованием средства «Поиск решения» в пакете Microsoft Excel [5], записано в нижней строке матрицы (см. **рис. 1**). В оптимальном плане:

- используется второй вариант финансирования «нулевого цикла» ($x_2 = 1$);
- линии «А», «Б» и «В» вводятся в эксплуатацию одновременно ($x_3 = 1$; $x_6 = 1$; $x_9 = 1$);
- все собственные средства используются в четвертом году ЖЦП ($x_{15} = 3\,000$);
- в качестве заемных средств целесообразно использовать краткосрочные кредиты, начиная с первого и кончая девятым годом ЖЦП;
- чистый доход в первом году составляет 4 400 тыс. ден. ед., во втором году — 4666,3 тыс. ден. ед.;
- значение функции цели: ЧДД = 6597 тыс. ден. ед.

4. Анализ полученного решения для базового варианта

Значение ЧДД в сравнении с решением задачи на максимум конечного состояния инвестора возросло в 5,64 раза ($6597 / 1168$).

Финансовый план реализации проекта полностью сбалансирован (**Табл. 1**) и при этом полностью реализуется тенденция дисконтирования денежных потоков, отмеченная в работе [2, с. 83–84]: получить результат как

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Год/ № строки	"Нулевой цикл"		Линия "А"			Линия "Б"			Линия "В"			Собственные средства				Долгосрочны е кредиты	
2				I	II	III	I	II	III	I	II	III						
3		x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	x ₁₁	x ₁₂	x ₁₃	x ₁₄	x ₁₅	x ₁₆	x ₁₇
4	1	-4 091	-2 500										1				1 000	
5	2	-500	-2 091	-1453			-1 902			-2 563				1			-553	1 000
6	3	-500	-500	269	-1453		369	-1 902		566	-2 563				1		-488	-553
7	4			884	269	-1 453	1 219	369	-1 902	1 843	566	-2 563				1	-430	-488
8	5			1 156	884	269	1 590	1 219	369	2 409	1 843	566					-371	-430
9	6			1 156	1 156	884	1 590	1 590	1 219	2 409	2 409	1 843						-371
10	7			1 156	1 156	1 156	1 590	1 590	1 590	2 409	2 409	2 409						
11	8			1 156	1 156	1 156	1 590	1 590	1 590	2 409	2 409	2 409						
12	9			1 156	1 156	1 156	1 590	1 590	1 590	2 409	2 409	2 409						
13	10	2 700	2 700	1 156	1 156	1 156	1 590	1 590	1 590	2 409	2 409	2 409						
14	11																1 000	
15	12	1	1															
16	13			1	1	1												
17	14						1	1	1									
18	15									1	1	1						
19	16												1	1	1	1		
20	К-ты ф.ц.												-1,000	-0,800	-0,640	-0,512		
21	Оптимальное решение	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3 000	0	0

Рис. 1. Представление матрицы задачи максимизации ЧДД (тыс. ден. ед.) в Microsoft Excel

	A	S	T	...	AA	AB	AC	...	AN	AI	AJ	...	AQ	AR	AS	AT	AU
1	Год/ № строки	Краткосрочные кредиты				Краткосрочные депозиты				Сальдо (эффект) трех видов деятельности				Сумма левой части	Тип ограничения	Св. члены	
		X ₁₈	X ₁₉	...	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	...	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	...	X ₄₂				X ₄₃
4	1	100		...				...		-1		...			100	≥	100
5	2	-115	100	...				...			-1	...			110	≥	110
6	3		-115	...		-100		...				...			-23 257	≥	120
7	4			...		110	-100	...				...			6 946	≥	130
8	5			...			110	...				...			5 155	≥	140
9	6			...				...				...			5 155	≥	150
10	7			...				...				...			5 155	≥	160
11	8			...				...				...			5 155	≥	170
12	9			...	100			...	-100			...	-1		11 820	≥	180
13	10			...	-115			...	110			...		-1	190	≥	190
14	11	100		...				...				...			7 000	≤	7 000
15	12			...				...				...			1	=	1
16	13			...				...				...			1	=	1
17	14			...				...				...			1	=	1
18	15			...				...				...			1	=	1
19	16			...				...				...			3 000	=	3 000
20	К-ты ф.ц.			...				...		1	0,8	...	0,168	0,134	Значение ф.ц.		
21	Оптим. решение	70	208,35	...	66,652	0	0	...	0	4 400,00	4 666,31	...	0	0	6 597,05		

Рис. 1. Лист 2

можно раньше, а затраты (вложения собственных средств в проект) осуществлять возможно позднее. В результате проявляются особенности найденного решения, противоречащие общепринятым представлениям, нормам и практике.

Первой особенностью решения является то, что с первого года финансирование осуществляется в основном за счет заемных средств. При этом кредитование осуществляется на протяжении девяти лет.

Второй особенностью решения является то, что собственные средства вкладываются в проект в возможно максимально удаленный от начала ЖЦП период (по модели – в четвертом году). Это обусловлено следующим обстоятельством: коэффициент дисконтирования для этого года $\alpha_4 = 0,512$, а с учетом того что поток собственных средств вычитается из сальдо всех трех видов деятельности, то интегральному показателю эффективности (ЧДД) в этом случае наносится минимальный «ущерб».

Третьей особенностью решения является то, что проект начинает приносить доход до ввода в эксплуатацию производственных мощностей.

Четвертой особенностью решения является его «нетипичность» (по терминологии авторов [2, с. 296–299]). Возможны четыре нетипичные ситуации. Так, для ситуации 1, к которой относится рассматриваемый проект, он будет эффективен при любой норме дисконта. Это значит, что $ВНД > E$ при любом положительном E , что возможно при $ВНД = +\infty$.

Пятой особенностью решения является то, что сумма привлекаемых в ИП заемных средств (в виде краткосрочных годовых кредитов) превышает необходимые инвестиции в проект. Хотя при этом, вследствие действия финансового рычага (левериджа), возрастает индекс доходности, но многократно увеличиваются финансовые риски.

Следует особо подчеркнуть, что эти особенности не являются «дефектом» математической модели, а отражают природу дисконтирования денежных потоков, когда на инвестируемые в проект собственные и привлеченные (в том числе заемные) средства не накладываются дополнительные ограничения.

5. Использование математической модели при оптимизации схем финансирования по другим критериям оптимальности

При норме дисконта $E = 0$ коэффициент дисконтирования α_t равен «1» для всех периодов. Это равносильно тому, что дисконтирование не производится и в результате будет вычислен чистый доход (ЧД; Net Value, NV), т. е. в этом случае ЧДД = ЧД. Другими словами, при тех же ограничениях и исходных условиях модель позволяет в той же области (пространстве) допустимых решений (ОДР) найти оптимальную схему финансирования по критерию «максимальный чистый доход». В этом случае для всех периодов жизненного цикла ИП коэффициенты функции цели (3) по переменным x_{12} , x_{13} , x_{14} и x_{15}

приняты равными «–1», а по переменным x_{34} , x_{35} , ..., x_{43} — равными «1».

Если в функции цели (3) коэффициенты по переменным x_{12} , x_{13} , x_{14} и x_{15} принять равными «0», а по переменным x_{34} , x_{35} , ..., x_{43} — равными «1», то получим решение по критерию «максимальное конечное состояние инвестора».

Оптимальные решения по критериям «максимальное конечное состояние инвестора» и «максимальный чистый доход» имеют различные значения функции цели, но идентичные схемы финансирования: краткосрочные кредиты привлекаются в период со второго по пятый год ЖЦП, а краткосрочные депозиты используются с шестого года. При этом весь эффект приходится на десятый год.

Таким образом, во-первых, можно отметить универсальность модели, а во-вторых, то, что финансовые планы, найденные в результате решения задач максимизации чистого дохода и максимизации конечного состояния инвестора при одинаковых начальных условиях эквивалентны.

6. Результаты решения задачи максимизации ЧДД при введении дополнительных ограничений на заемные средства в различные периоды ЖЦП

Как указывалось выше, значительная величина заемных средств (преимущественно краткосрочных кредитов), привлекаемых в проект на протяжении ЖЦП, неизбежно должна привести к повышению рисков, обусловленных несвоевременным выполнением долговых обязательств. В связи с этим на имитационной модели выполнена серия экспериментов, позволившая изучить влияние начальных условий на схему финансирования (финансовый профиль ИП) и на значения показателей эффективности.

Для проведения моделирования в среде Microsoft Excel была разработана система ОСФИП (Оптимизация Схемы Финансирования Инвестиционного Проекта), позволяющая генерировать конфигурацию исходной матрицы, проводить оптимизацию по различным критериям, задавать дополнительные условия-ограничения (в частности, на заемные средства в различные годы ЖЦП). С помощью данной системы были выполнены три группы экспериментов:

Первая группа экспериментов (эксперименты 1–7) не предусматривала привлечения заемных средств – варьировали собственный авансируемый в проект капитал. При достаточной величине авансируемого в проект собственного капитала ($N_0 \geq 10\,719$ тыс. ден. ед.) все линии вводятся одновременно в первую очередь (эксперименты 1 и 2). При уменьшении авансируемого капитала одна из линий «А» или «В» вводится во вторую или в третью очередь; при этом показатель ИД уменьшается. Следует отметить, что избыток вложений не приводит к увеличению ЧДД (эксперименты 1 и 2), но снижает ИД с 1,126 до 1,0964. Краткосрочные депозиты при ставке 10 % во

Таблица 1

Таблица 1

Полный финансовый план реализации оптимальной схемы организации и финансирования инвестиционного процесса. Функция цели: максимальный чистый дисконтированный доход, тыс. ден. ед. (эксперимент 9 – базовый вариант)											
Наименование денежных потоков и соответствующих им переменных (в скобках)	Плановый период проекта с разбивкой по годам										Примечание
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Инвестиционные затраты и доходы от производственной деятельности											Финансовый план реализации ИП с оценкой финансовой реализуемости
«Нулевой цикл» (x2)	–2 500	–2 091	–500							2 700	
Линия А (x3)		–1 453	269	884	1 156	1 156	1 156	1 156	1 156	1 156	
Линия Б (x4)		–1 902	369	1 219	1 590	1 590	1 590	1 590	1 590	1 590	
Линия В (x5)		–2 563	566	1 843	2 409	2 409	2 409	2 409	2 409	2 409	
Собственные средства по годам											
4-й год (x15)				3 000							
Заемные средства (краткосрочные кредиты) по годам											
1-й год (x18)	7 000,0	–8 050									
2-й год (x19)		20 835	–23 961								
3-й год (x20)			23 377	–26 883							
4-й год (x21)				2 0067	–23 077						
5-й год (x22)					18 062	–20 772					
6-й год (x23)						15 766	–18 131				
7-й год (x24)							13 136	–15 107			
8-й год (x25)								10 122	–11 640		
9-й год (x26)									6 665	–7 665	
Дивиденды по акциям	–100	–110	–120	–130	–140	–150	–160	–170	–180	–190	
Суммарное сальдо	(x ₃₄)	(x ₃₅)	(x ₃₆)	(x ₃₇)	(x ₃₈)	(x ₃₉)	(x ₄₀)	(x ₄₁)	(x ₄₂)	(x ₄₃)	
Поток от трех видов деятельности	4 400	4 666	0	0	0	0	0	0	0	0	
Поток для собственного капитала	4 400	4 666	0	–3 000	0	0	0	0	0	0	
Коэффициент дисконтирования (Е = 0,25)	1,00	0,80	0,64	0,512	0,41	0,328	0,262	0,21	0,168	0,134	
Дисконтированный поток	4 400	3 733	0	–1 536	0	0	0	0	0	0	
Накопленный дисконтированный поток	4 400	8 133	8 133	6 597	6 597	6 597	6 597	6 597	6 597	6 597	
											Оценка эффективности авансирования в ИП собственного капитала

всей группе экспериментов не используются, так как ВНД проекта значительно выше ($0,25 \div 0,296$).

Вторая группа экспериментов (эксперименты 8–14) предусматривала возможность привлечения заемного капитала (долгосрочные и краткосрочные кредиты), но с ограничением только в первом году ЖЦП (не более 7 000 тыс. ден. ед.). Общее количество заемных средств, привлекаемых в течение ЖЦП, не ограничивали. Авансируемый в проект собственный капитал (тыс. ден. ед.) варьировали от 5 000 (эксперимент 8) до 500 (эксперимент 12) с возможностью инвестирования собственных средств (единовременно или частями) в период с первого по четвертый годы ЖЦП. Анализ полученных на ПЭВМ решений показал, что по оптимальным схемам финансирования долгосрочные кредиты использовать нецелесообразно – привлекались краткосрочные кредиты (эксперименты 9–12). При уменьшении собственных средств с 3 до 0,5 млн ден. ед. значение ЧДД уменьшилось всего на 3,6 % (с 6 597 до 6 364,8 тыс. ден. ед.), но ИД возрос в 4,69 раза (с 5,3 до 24,9). При наложении запрета на краткосрочные кредиты в последние пять лет ЖЦП (эксперименты 8 и 14) показатели эффективности ухудшались. Собственные средства использовались как и при отсутствии запрета в четвертом году ЖЦП. В каждый последующий год ЖЦП доход равен нулю, а краткосрочные кредиты этих лет и доход, генерируемый проектом, идут на обслуживание кредита предшествующего года. Краткосрочные депозиты в этой группе проектов не используются, так как их доходность ниже ВНД.

Третья группа экспериментов (эксперименты 15–20) отличается тем, что на каждый год из четырех первых лет ЖЦП наложены равные ограничения на привлекаемые заемные средства (не более 7000 тыс. ден. ед.), причем общее количество заемных средств в течение всего ЖЦП не должно было превышать заданную величину. С этой целью исходную матрицу дополнили строками 17–20. Характерными особенностями найденных оптимальных планов этой группы экспериментов являются следующие:

1. Как правило, привлекаются долгосрочные и краткосрочные кредиты. Общая сумма последних в сопоставимых условиях в 6,34 раза меньше, чем во второй группе экспериментов.

2. Показатели эффективности ухудшаются: ЧДД уменьшается в 3,75 раза, а ИД — в 3,15 раза. Это в общем соответствует теории оптимизации — наложение дополнительных условий-ограничений всегда снижает эффект;

3. Наложение дополнительных ограничений на заемные средства привело к тому, что значения ЧДД, полученные при максимизации конечного состояния инвестора и максимизации ЧДД, стали сопоставимы: соответственно 1169 и 1758 тыс. ден. ед.

4. Так как ВНД для этой группы экспериментов находится в пределах $0,333 \div 0,471$ и выше доходности краткосрочных депозитов (ставка 10 %), то последние не используются.

Исследования компонентов чистых денежных потоков по годам ЖЦ и динамики накопленных дисконтированных потоков собственного капитала для различных условий показали, что различные группы экспериментов имеют характерные особенности кривых функции ЧДД(t).

Первая группа экспериментов (использование исключительно собственного капитала при реализации ИП) имеет зависимость, располагающуюся преимущественно в отрицательной области (**рис. 2, а**). Период окупаемости составляет более девяти лет; только к концу ЖЦП ЧДД становится положительным.

Вторая группа экспериментов с использованием в качестве источников финансирования инвестиционного проекта как собственного капитала (доля от 21 до 3,5 %), так и заемных средств с ограничением только в первом году ЖЦП (примерно 50 % от необходимых инвестиций) имеет зависимость ЧДД(t), расположенную исключительно в положительной области (**рис. 2, б**): интегральный показатель ЧДД больше «0» на протяжении всего ЖЦП.

Третья группа экспериментов предполагает использование как собственного капитала (доля которого такая же, как во второй группе), так и заемного, но с ограничениями привлекаемых кредитов по первым четырем годам ЖЦП и в целом в течение всего планируемого периода. В этом случае (**рис. 2, в**) зависимость ЧДД(t) имеет более привычный вид: в начале ЖЦП ЧДД меньше нуля, а затем на восьмом году ЖЦП ЧДД меняет знак.

Результаты моделирования обсуждались с экспертами, у которых финансовый план (см. **табл. 1**), вызвал следующие замечания:

1) дивиденды начинают выплачиваться акционерам с первого года реализации проекта в условиях, когда отсутствует производство. В результате выплата дивидендов в первом и втором году будет осуществляться из заемных средств, что противоречит законодательству РФ.

2) в первом и втором году ЖЦП избыточные заемные средства рассматриваются как эффект (чистая прибыль);

3) кредитование проекта осуществляется на протяжении всех лет ЖЦП, кроме последнего года.

4) на протяжении ЖЦП процентная ставка краткосрочных кредитов не меняется, хотя желательнее максимально приближать ее к прогнозируемой ставке рефинансирования.

Следует отметить, что в данном исследовании рассматривались лишь возможности предложенного инструмента (математической модели) и условный пример, а не реальный инвестиционный проект какого-либо производства. Однако на базе созданной модели можно в интерактивном режиме изучать поведение объекта (финансовый план) и сопоставлять эффекты.

Перечисленные выше дополнительные условия-ограничения, сформулированные экспертами в варианте расчетов (эксперимент 22), в исходной матрице учтены следующим образом (**Рис. 3**):

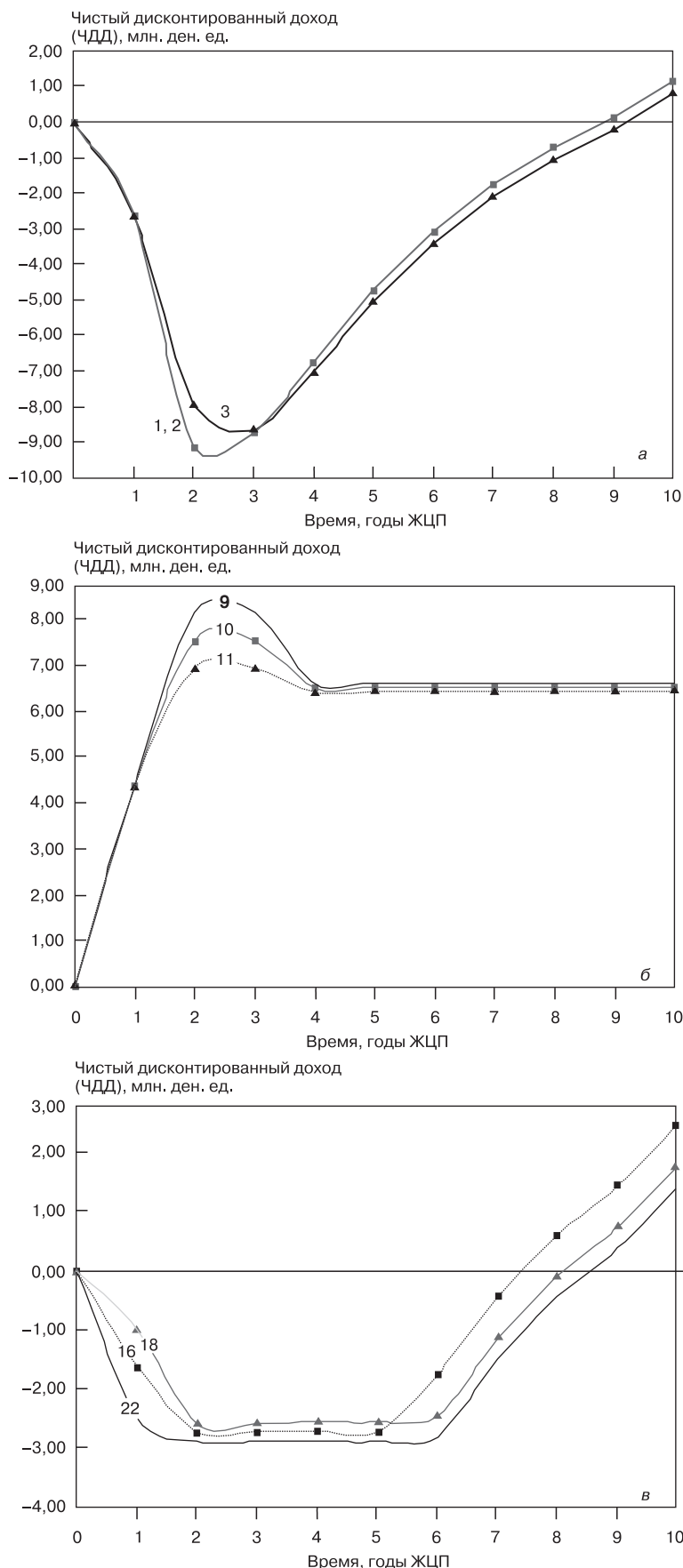


Рис. 2. Изменение накопленного дисконтированного потока по годам ЖЦП.

– в строке 11 и в добавленных новых строках (17–19) отражено требование: сумма инвестируемых в проект собственных и заемных средств в первые четыре года не должна превышать 7000 тыс. руб.

– условие выплаты дивидендов, начиная с третьего года, учтено тем, что в крайнем правом столбце матрицы по строкам 1 и 2 проставлены нули.

– эффекты (чистая прибыль) в первый и второй годы должны быть нулевыми – для этого «заблокированы» переменные x_{34} и x_{35} путем придания их коэффициентам в строке функции цели очень больших отрицательных значений (–10 000).

– инвестируемые в проект средства (собственные и заемные) не должны в сумме превосходить в течение всего ЖЦП 23 500 тыс. ден. ед.

В исходной матрице (см. Рис. 1) были изменены лишь граничные условия: коэффициенты функции цели и крайний правый столбец со свободными членами.

Результаты решения задачи с учетом замечаний экспертов (Табл. 2):

1. Из альтернативных вариантов реализации «нулевого цикла» выбран вариант с примерно равными инвестиционными затратами в первом и втором году ЖЦП (x_2).

2. Производственные линии создаются в следующей очередности:

– линия «А» во вторую очередь с приобретением и монтажом оборудования, начиная с третьего года (x_4);

– линии «Б» и «В» реализуются в первую очередь, начиная со второго года (x_6 и x_9).

3. Собственные средства авансируются в два приема: в первом году (x_{12}) в объеме 2500 тыс. ден. ед., а во втором году (x_{13}) – 500 тыс. ден. ед.

4. Из вариантов долгосрочных кредитов целесообразно использовать вариант с началом кредитования со второго года (x_{17}) и в объеме 3480 тыс. ден. ед.

5. Краткосрочные кредиты используются, начиная со второго года (x_{19}), в течение четырех лет (с x_{19} по x_{22}).

6. Краткосрочные депозиты не используются (значения с x_{27} по x_{33} равны нулю), так как доходность их ниже ВНД, которая по результатам решения равна 33 %.

7. Сальдо (эффект) больше нуля в течение последних пяти лет ЖЦП. В первые пять лет сальдо равно нулю: это объясняется следующим — в первые два года (x_{34} и x_{35}) производство отсутствует; начиная с третьего (начало эксплуатационного пе-

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Год/ № строки	"Нулевой цикл"		Линия "А"			Линия "Б"			Линия "В"			Собственные средства				Долгосрочные кредиты	
2				I	II	III	I	II	III	I	II	III						
3		x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	x ₁₁	x ₁₂	x ₁₃	x ₁₄	x ₁₅	x ₁₆	x ₁₇
4	1	-4 091	-2 500										1				1 000	
5	2	-500	-2 091	-1453			-1 902			-2 563				1			-553	1 000
6	3	-500	-500	269	-1453		369	-1 902		566	-2 563				1		-488	-553
7	4			884	269	-1 453	1 219	369	-1 902	1 843	566	-2 563				1	-430	-488
8	5			1 156	884	269	1 590	1 219	369	2 409	1 843	566					-371	-430
9	6			1 156	1 156	884	1 590	1 590	1 219	2 409	2 409	1 843						-371
10	7			1 156	1 156	1 156	1 590	1 590	1 590	2 409	2 409	2 409						
11	8			1 156	1 156	1 156	1 590	1 590	1 590	2 409	2 409	2 409						
12	9			1 156	1 156	1 156	1 590	1 590	1 590	2 409	2 409	2 409						
13	10	2 700	2 700	1 156	1 156	1 156	1 590	1 590	1 590	2 409	2 409	2 409						
14	11																1 000	
15	12	1	1															
16	13			1	1	1												
17	14						1	1	1									
18	15									1	1	1						
19	16												1	1	1	1		
20	17																	1 000
21	18																	
22	19																	
23	20																1 000	1 000
24	К-ты ф.ц.												-1,000	-0,800	-0,640	-0,512		
25	Оптим. решение	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	2 500	500	0	0	0	3,48

Рис.3 . Представление в Microsoft Excel матрицы задачи максимизации ЧЧД при отсутствии дивидендов и заблокированном сальдо в предэксплуатационный период

	A	S	T	...	AA	AB	AC	...	AN	AI	AJ	...	AQ	AR	AS	AT	AU
1	Год/ № строки	Краткосрочные кредиты			Краткосрочные депозиты			Сальдо (эффект) трех видов деятельности					Сумма левой части			Тип огра- ничения	Св. члены
2		X ₁₈	X ₁₉	...	X ₂₆	X ₂₇	X ₂₈	...	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	...	X ₄₂	X ₄₃			
3		100		...				...		-1		...			0	Λ	0
4		-115	100	...				...			-1	...			0	Λ	0
5			-115	...		-100		...				...			120	Λ	120
6				...		110	-100	...				...			130	Λ	130
7				...			110	...				...			140	Λ	140
8				...				...				...			150	Λ	150
9				...				...				...			160	Λ	160
10				...				...				...			170	Λ	170
11				...				...				...			180	Λ	180
12				...	100			...	-100			...	-1		190	Λ	190
13				...	-115			...	110			...		-1			
14		100		...				...				...			0	VI	7 000
15				...				...				...			1	=	1
16				...				...				...			1	=	1
17				...				...				...			1	=	1
18				...				...				...			1	=	1
19				...				...				...			3 000	=	3 000
20			100	...				...				...			6 556	VI	7 000
21				...				...				...			6 025	VI	7 000
22				...				...				...			5 426	VI	7 000
23		100	100	...	100			...				...			23 500	VI	23 500
24	К-ты ф.ц.			...				...		-10 000	-10 000	...	0,168	0,134	Значение ф.ц.		
25	Оптим. решение	0	25,76	...	0	0	0	...	0	0	0	...	4 975	7 665	1 407,72		

Рис.3 . Лист 2.

Полный финансовый план реализации оптимальной схемы инвестирования и финансирования. Функция цели: максимальный чистый дисконтированный доход, тыс. ден. ед. (эксперимент 22)										
Наименование денежных потоков и соответствующих им переменных (в скобках)	Плановый период проекта с разбивкой по годам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Инвестиционные затраты и доходы от производственной деятельности										
«Нулевой цикл» (x2)	-2 500	-2 091	-500							2 700
Линия А (x3)			-1 453	269	884	1 156	1 156	1 156	1 156	1 156
Линия Б (x4)		-1 902	369	1 219	1 590	1 590	1 590	1 590	1 590	1 590
Линия В (x5)		-2 563	566	1 843	2 409	2 409	2 409	2 409	2 409	2 409
Собственные средства по годам										
1-й год (x12)	2 500									
2-й год (x13)		500								
Заемные средства по годам										
Долгосрочный кредит										
2-й год (x17)		3 480	-1 924,44	-1 698,24	-1 496,40	-1 291,08				
Краткосрочные кредиты										
2-й год (x19)		2 576	-2 961,25							
3-й год (x20)			6 025	-6 928,75						
4-й год (x21)				5 426	-6 239,0					
5-й год (x22)					2 993	-3 441,95				
Суммарное сальдо потоков от трех видов деятельности										
Дивиденды по акциям			-120	-130	-140	-150	-160	-170	-180	-190
Суммарное сальдо потоков от трех видов деятельности	(x34) 0	x35) 0	(x36) 0	(x37) 0	(x38) 0	(x39) 272,16	(x40) 4 995	(x41) 4 985	(x42) 4 975	(x43) 4 975
Поток для собственного капитала	-2500	-500	0	0	0	272,16	4 995	4 985	4 975	7 665
Коэффициент дисконтирования (E = 0,25)	1,000	0,800	0,640	0,512	0,410	0,328	0,262	0,210	0,168	0,134
Дисконтированный поток собственного капитала	-2 500	-400	0	0	0	89,268	1 308,69	1 046,85	835,8	1 027,11
Дисконтированный поток нарастающим итогом	-2 500	-2 900	-2 900	-2 900	-2 900	-2 810,732	-1 502,042	-455,192	380,608	1 407,718

Таблица 2

риода) все поступления (x_4 , x_6 и x_9) идут на покрытие долгов по кредитам.

8. Денежный поток собственного капитала (см. **рис. 2**, кривая 22) соответствует принятым представлениям: в начале он отрицательный, а затем меняет знак на положительный.

9. Значение функции цели (величина ЧДД) равно 1 407,72 тыс. ден. ед. Индекс доходности равен 1,485, внутренняя норма доходности равна 33 %. Полный финансовый план характеризуется отсутствием отрицательных величин сальдо по всем годам ЖЦП, что свидетельствует о финансовой реализуемости проекта.

Заключение

1. В зависимости от предпочтений лица принимающего решение (ЛПР) разработанная имитационная модель позволяет решать задачи с различными критериями оптимальности — «максимум конечного состояния инвестора», «максимум чистого дохода (ЧД)», «максимум чистого дисконтированного дохода (ЧДД)». При этом основным блоком условий-ограничений является блок, обеспечивающий финансовую реализуемость ИП в каждом периоде ЖЦП. На основе этого блока и ограничений по переменным (неотрицательность, двоичность и т. п.) и по привлекаемому капиталу (кредиты и т. д.) формируется область допустимых решений.

2. Начальные условия-ограничения и выбранный критерий оптимальности влияют на схему финансирования (распределение по периодам ЖЦП собственных авансируемых средств, очередность ввода в эксплуатацию независимых технологических линий, вид привлекаемых кредитов и сроки их погашения и т. п.) и эффективность проекта, однако любые альтернативные варианты имеют полностью сбалансированные финансовые планы.

3. При оптимизации одного и того же проекта по критерию «максимум конечного состояния инвестора» и по критерию «максимум ЧДД» при одинаковых начальных условиях и нулевой норме дисконта схемы финансирования и эффективность полностью совпадают, что свидетельствует об адекватности моделей инвестиционному процессу.

4. Выполненное на базе имитационной модели исследование позволило установить основные закономерности при максимизации ЧДД и необходимость наложения дополнительных (в сравнении с базовым вариантом) ограничений (в частности, на использование заемных средств по периодам ЖЦП). Это приводит к весьма существенному снижению значения ЧДД, но финансовый профиль проекта становится адекватным существующим (действующим) положениям организации инвестиционного процесса.

5. Выполненные в интерактивном режиме исследования влияния начальных условий на эффективность и финансовый профиль проекта показали, что разработанная оптимизационная модель в сочетании с современными средствами, содержащимися в пакете Microsoft Excel являются мощным инструментом разработки альтернативных вариантов, необходимых при принятии инвестиционных решений и обеспечивающих повышение их устойчивости в условиях рыночной экономики.

Библиографический список

1. Рытиков А. М., Рытиков С. А. Оптимизация стратегии организации и финансирования инвестиционного процесса. // — Цветные металлы. 2005. № 7. С. 4–13.
2. Виленский П. Л., Лившиц В. Н., Смоляк С. А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика. — 3-е изд., исправленное и доп. — М.: Дело, 2004. — 888 с.
3. Виленский П. Л., Лившиц В. Н., Орлова Е. Р., Смоляк С. А. Оценка эффективности инвестиционных проектов. — М.: Дело, 1998. — 248 с.
4. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (Вторая редакция). Министерство экономики РФ, Министерство финансов РФ, ГК РФ по строительству, архитектуре и жилищной политике. — М.: ОАО «НПО». Издательство «Экономика», 2001. — 421 с.
5. Мур, Джефффри, Уэдерфорд, Ларри Р., и др. Экономическое моделирование в Microsoft Excel, 6-е изд. Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. — 1024 с.