УДК 658.5

Регион: экономика и социология, 2017, № 4 (96), с. 285–306

В.В. Титов, С.К. Напреева

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПРОЦЕССА ОТ РАЗРАБОТКИ НОВОЙ ПРОДУКЦИИ ДО ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ

Организация планирования деятельности предприятия от разработки новой продукции до ее реализации в системе оптимизационного внутрифирменного управления в условиях риска и неопределенности внешней и внутренней среды представляется сложной научно-методологической проблемой. В настоящее время фактически отсутствуют достаточно обоснованные методики управления рисками на уровне промышленных предприятий, поэтому актуальность данной темы исследований не вызывает сомнений. На верхнем уровне управления достижение ключевых стратегических показателей обеспечивается разработкой и внедрением нововведений, в основном связанных с планированием выпуска новой высокотехнологичной продукции. Однако именно на этом уровне риски и неопределенность в наибольшей степени влияют на процессы планирования разработки, производства и реализации новой продукции. В научной литературе предлагается использовать для такого планирования стохастические графы с возвратами. Эта идея поддерживается и в настоящей статье, однако ее реализация требует дополнительных методологических и методических разработок. Данная идея подкреплена использованием модели оптимизации планирования деятельности предприятия, что позволяет оценивать эффективность разработки и реализации новой продукции. Решение такой проблемы показано в работе методически и практически на примере действующего приборостроительного завода.

Ключевые слова: разработка новой продукции; стохастические графы с возвратами; определение характеристик продукции; оценка эффективности выпуска продукции; модель оптимизации планирования работы предприятия

Эффективное развитие предприятия невозможно без реализации инноваций, но сложен процесс их планирования. Именно внутрифирменное планирование играет важнейшую роль в инновационном развитии предприятия. Как отмечал Й. Шумпетер, источником прибыли может быть смена выпускаемой продукции, причем в условиях конкуренции это эффективнее, чем другие нововведения [9].

Инновации на предприятии должны соответствовать рыночной структуре удовлетворения потребностей покупателей. Инновационный процесс затрагивает научно-технический, экономический, социальный, организационный аспекты деятельности предприятия. Под инновацией подразумевается и внедрение в производство, и реализация с целью получения прибыли. Без коммерциализации инновация становится бесполезной разработкой [5].

Существуют разные типы инноваций, но в данной работе рассматриваются в основном продуктовые инновации. Речь идет о разработке и внедрении технологически новых или усовершенствованных изделий. Новые изделия имеют новые потребительские свойства, новые технологические характеристики. Разработку и внедрение инноваций описывают с помощью бизнес-моделей инновационного процесса, которые достаточно полно представлены в научной литературе.

Механизм планирования зависит от степени неопределенности инновационных процессов, от рисков при принятии решений в условиях неполноты информации [3]. При планировании инноваций рассчитать с высокой точностью ход и результаты работ невозможно, но нужно определить время завершения разработки, ее стоимость, цену будущего товара, спрос.

В стратегическом планировании инновационному процессу следует уделять основное внимание. Управление инновациями осуществляется в тесной взаимосвязи с разработкой изделия, производством, маркетингом, сбытом и др. Как отмечает В.Д. Маркова, успешную коммерциализацию и рост бизнеса обеспечивают технологические инновации в сочетании с изменением моделей развития предприятия [6].

Планирование инновационного процесса требует использования современных, проверенных и надежных методов и подходов. Мы не будем рассматривать те, что хорошо представлены в научной литературе, а остановимся на сетевом планировании, которое является основой для планирования инновационного процесса. Сетевое планирование разработки новой продукции позволяет составить полный перечень работ по проекту, определить их длительность и порядок следования, установить длительность выполнения всего проекта и ключевые работы в его рамках, найти резервы времени по каждой работе. Его применяют при планировании разработки нового изделия, определенного комплекса работ, логистики или реконструкции объектов.

Методика сетевого планирования разработана в 1956 г. М. Уолкером из фирмы «Дюпон» и Д. Келли, представлявшим фирму «Ремингтон Рэнд». Был создан метод Уолкера – Келли, или метод критического пути (Critical Path Method, CPM). В нашей стране сетевым планированием на основе графов с возвратами активно занимались А.Р. Андерсон, Н.Б. Мироносецкий, В.Д Маркова, С.А. Кузнецова, Л.В. Кирина, Л.А. Астанина и др. [1; 4; 7; 8].

Инновационный процесс в сетевом планировании представляется следующим образом: комплекс работ разбивается на части, которые закрепляются за исполнителями; строятся первичные сетевые графы и уточняется содержание работ; строится сводный сетевой граф; обосновывается продолжительность выполнения работ. Таким образом, применение сетевого планирования позволяет разработать варианты тактического планирования деятельности предприятия. Такой план согласуется с системой оперативного управления выполнением инновационных работ.

Оценка эффективности инновационного процесса осуществляется на основе бизнес-планирования [2]. В бизнес-плане подробно расписываются продвижение продукции, ценовая политика, оцениваются сильные и слабые стороны проекта, четко определяются ожидаемые результаты. Благодаря этому документу можно будет анализировать ожидаемую рыночную оценку планируемой продукции.

Итак, на первом этапе разработки нового продукта строятся стратегические планы. На уровне тактического планирования определяются состав работ, сроки их выполнения и стоимость. Используется сетевое моделирование, которое дает возможность определить сроки выполнения работ, вероятность успешности разработки, стоимость работ в целом и изготовления каждого узла. Такая информация позволяет учесть новую продукцию при составлении производственной программы, дать системную оценку эффективности нового изделия с точки зрения функционирования всего предприятия[1].

При планировании разработки нового изделия, его производства и реализации в условиях риска и неопределенности необходимо обосновать максимальные параметры затрат на разработку, сроки возможного начала производства изделия, себестоимость его производства и реализации с вероятностью, близкой к единице. Такая задача может быть решена с помощью стохастических графов с возвратами. Кроме этого с вероятностью, близкой к единице, нужно дать оценку минимального спроса на новую продукцию по планируемым годам. Именно при минимальном спросе на продукцию производство должно быть рентабельным, а сам проект освоения новой продукции должен иметь положительную оценку чистого дисконтированного дохода. Если сроки разработки новой продукции и ее себестоимость будут меньше рассчитанных, а спрос превысит ожидаемое значение, то это только улучшит показатели деятельности предприятия. Так как далее мы будем рассматривать ситуацию разработки и производства новой продукции на примере действующего предприятия, следует ставить комплексную задачу перспективного оптимизационного планирования функционирования предприятия в условиях риска и неопределенности в целом. В этом случае оценка инновационно-инвестиционного проекта будет наиболее обоснованной.

В целом, представленная идея опирается на уже известные элементы управления на предприятии (стохастические графы с возвратами, оптимизационные модели планирования и др.), но в нашем исследовании они объединены в системный методический подход, позволяющий количественно решить сложнейшую задачу планирования реализации инновационного процесса на промышленном предприятии. Материалом для исследования послужила информация о разра-

[1] См.: *Титов В.В.* Оптимизация принятия решений в управлении промышленной корпорацией: Вопросы методологии и моделирования. – Saarbrucken: Palmarium Academic Publishing, 2013.

ботке и реализации нового изделия в ООО «Научно-производственное предприятие геофизической аппаратуры «Луч» (НПП ГА «Луч»).

Как уже сказано, при разработке новой продукции следует учесть неопределенности. Подобные процессы учитываются в сетевых моделях [1; 7; и др.]. При разработке сложных изделий, когда степень неопределенности большая, используются имитационные модели, основанные на альтернативных стохастических графах. Такие модели отличаются от сетевых тем, что могут учитывать степень неопределенности и случайные влияния на параметры разработок. На математическом обосновании этого процесса мы останавливаться не будем, а отошлем читателя к соответствующей литературе [1; 7; и др.].

Этапы построения моделей отражают этапы создания и производства новой продукции. Наиболее важно отразить этапы, на которых возможно существование альтернативных вариантов решения проблем, связанных с работой конструкторов и технологов. На завершающем этапе определяются параметры всех дуг графа: продолжительность работ, стоимость выполнения операций, необходимые ресурсы, вероятностные оценки исходов работ. Все это требует использования экспертных оценок, данных статистики по предыдущим разработкам.

Информация о стохастическом графе с возвратами процесса разработки и производства нового изделия на рассматриваемом предприятии опубликована ранее[2]. Все количественные расчеты в настоящем исследовании представлены именно для конкретного изделия НПП ГА «Луч». Вероятность возврата связана с новыми блоками изделий или достаточно сложной конструкцией. Возврат возможен на этапе настройки прибора и его испытания.

На основе анализа графа определяются такие базовые характеристики сетевого графа, как время, стоимость разработки каждой детали и вероятность благополучного исхода разработки. Эти показатели рассчитывались на основе метода формирования обобщенной оценки мнений экспертов и с учетом опыта разработки и производ-

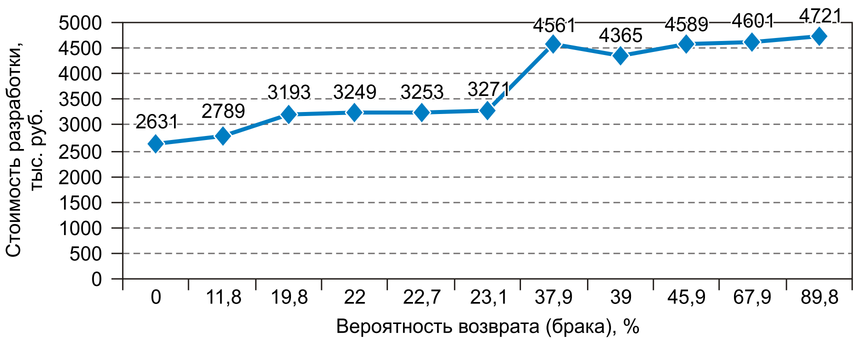
---

[2] См.: *Напреева С.К.* Применение стохастических графов с возвратами при планировании деятельности производства с учетом НИОКР // Управление инновациями: проблемы, методы и механизмы / Под ред. В.В. Титова, В.Д. Марковой. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2008. – С. 248–261.

ства похожих узлов и деталей[3]. В расчетах времени и стоимости разработки и производства деталей и узлов инновационного прибора использовались данные о производстве аналогичных или схожих деталей и узлов. Если деталь или узел разрабатывается полностью впервые, то названные показатели определяются на основе экспертных оценок. Следующим шагом было определение общих параметров сетевого графа (зависимость стоимости и времени разработки от вероятности благополучного исхода). Общая вероятность благополучного исхода определяется по формуле Байеса.

Время изготовления и выпуска изделия определяется на основе теории массового обслуживания. К тому же если поток событий ординарен и стационарен, а также является потоком без последействий, то это простейший (пуассоновский) поток. То есть распределение числа событий на любом фиксированном интервале времени является распределением Пуассона. На основе этого определяются вероятность и время выполнения проекта, что позволяет вычислить предполагаемую дату его завершения и стоимость (см. рисунок; табл. 1).

Анализ зависимостей (см. рисунок) и значений основных параметров разработки (см. табл. 1) показывает, что рост стоимости разработ-



Зависимость стоимости разработки нового прибора от вероятности возврата (брака)

---

[3] См.: *Напреева С.К.* Определение стоимости и трудоемкости разработки нового изделия // Стратегия развития предприятий на основе реализации инновационной политики / Под ред. В.В. Титова, В.Д. Марковой. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2009. – С. 272–282.

Таблица 1

Основные параметры разработки нового изделия

Общая вероятность неудачного исхода, %	Вероятность возврата (брака), %	Время реализации проекта, ч	Стоимость реализации проекта, руб.	Начало реализации проекта	Окончание реализации проекта
10,2	89,8	1699	4721231	10.09.2009	01.09.2010
32,1	67,9	1583	4601231	10.09.2009	16.08.2010
54,1	45,9	1517	4589211	10.09.2009	07.08.2010
61,0	39,0	1466	4365252	10.09.2009	30.07.2010
62,1	37,9	1435	4561232	10.09.2009	26.07.2010
76,9	23,1	1199	3271433	10.09.2009	24.06.2010
77,3	22,7	1197	3252916	10.09.2009	23.06.2010
78,0	22,0	1190	3249342	10.09.2009	22.06.2010
80,2	19,8	1169	3193429	10.09.2009	01.06.2010
88,2	11,8	998	2789045	10.09.2009	24.04.2010
1,0	0,0	978	2630561	10.09.2009	09.04.2010

ки замедляется, после того как вероятность брака достигает 0,379. Таким образом, за максимальную стоимость разработки для модели оптимизации деятельности предприятия с учетом НИОКР можно взять стоимость реализации проекта при вероятности брака 89,8%, так как дальнейшее изменение стоимости будет незначительным.

Следующим этапом построения математической модели является определение объема продаж и производства товара. Начало реализации проекта по разработке нового изделия – 10 сентября 2009 г. Для дальнейшей работы целесообразно рассматривать минимальную вероятность неблагополучного исхода, т.е. учитывать, что все возможные неполадки могут произойти. Таким образом, исходя из данных табл. 1 можно сказать, что с минимальной вероятностью неблагополучного исхода в сентябре 2010 г. будет готов один опытный образец продукта. Также с сентября 2010 г. он будет введен в производство и, как следует из анализа технологических карт, чистое время его изготовления составит 672 часа (три месяца). Причем мощности предприятия распределены так, что до конца 2010 г. производить более трех единиц данного продукта в месяц предприятие не может, поскольку набраны заказы на изготовление других товаров.

Принимая во внимание то, что новый продукт входит в существующий комплекс, который производится уже несколько лет, можно спрогнозировать объем продаж комплекса начиная с 2010 г. Из результатов моделирования процесса разработки и производства нового товара следует, что с вероятностью 89,8% предприятие произведет этот товар (см. табл. 1). Таким образом, учитывая вероятность благополучного исхода и ограничение по мощностям, можно с высокой степенью достоверности определить предполагаемый объем выпуска разрабатываемого продукта до 2014 г. (табл. 2).

Для определения предполагаемого объема выпуска прибора был сделан прогноз объема продаж комплекса, в состав которого будет входить этот продукт, до июня 2014 г. с использованием программы Foresail и на основе эконометрических методов. Для построения прогноза была выбрана эконометрическая модель Хольта – Винтерса [10]. Исходя из условия, что не может быть произведено более трех единиц прибора в месяц без изменения структуры производства и увеличения производственных мощностей предприятия и что прибор продается в целых штуках, корректируется объем выпуска комплекса.

Таким образом, с использованием стохастических графов с возвратами, теории массового обслуживания и эконометрической модели Хольта – Винтерса на начальном этапе планирования инновационного процесса можно определить стоимость и сроки разработки нового продукта, возможный объем продаж. Далее требуется определить возможности предприятия разрабатывать и производить данный продукт. При этом ставится условие повышения эффективности работы предприятия, увеличения его конкурентоспособности.

При формировании задачи оптимизационного планирования деятельности предприятия с учетом НИОКР была использована модель

Таблица 2

Прогноз объема продаж комплекса, в который входит разрабатываемый прибор, в период с 2010 по 2014 г., шт.

Дата	Значение	Дата	Значение	Дата	Значение	Дата	Значение	Дата	Значение
01.01.2010	0	01.01.2011	0	01.01.2012	0	01.01.2013	0	01.01.2014	0
01.02.2010	0	01.02.2011	0	01.02.2012	0	01.02.2013	0	01.02.2014	0
01.03.2010	1	01.03.2011	1	01.03.2012	1	01.03.2013	1	01.03.2014	1
01.04.2010	0	01.04.2011	0	01.04.2012	0	01.04.2013	0	01.04.2014	0
01.05.2010	1	01.05.2011	1	01.05.2012	1	01.05.2013	1	01.05.2014	1
01.06.2010	1	01.06.2011	1	01.06.2012	1	01.06.2013	1	01.06.2014	1
01.07.2010	0	01.07.2011	0	01.07.2012	0	01.07.2013	0		
01.08.2010	0	01.08.2011	0	01.08.2012	0	01.08.2013	0		
01.09.2010	2	01.09.2011	2	01.09.2012	2	01.09.2013	2		
01.10.2010	0	01.10.2011	1	01.10.2012	1	01.10.2013	1		
01.11.2010	1	01.11.2011	1	01.11.2012	1	01.11.2013	1		
01.12.2010	1	01.12.2011	1	01.12.2012	1	01.12.2013	1		

планирования функционирования и развития предприятия[4], но доработанная с учетом особенностей предприятия[5]. Оптимизационная модель для НПП ГА «Луч» построена по данным 2009 г. со среднесрочным прогнозом на период 2010–2014 гг., причем рассмотрено три варианта модели оптимизационного планирования: с целевой функцией на максимум чистого дисконтированного дохода при условии разра-

[4] См.: *Титов В.В.* Оптимизация принятия решений в управлении промышленной корпорацией...

[5] См.: *Напреева С.К.* Применение оптимизационных моделей для планирования разработки новой геофизической аппаратуры // Инновации и инвестиции. – 2014. – № 6. – С. 127–132.

ботки новой продукции; с целевой функцией на максимум чистой прибыли при условии разработки новой продукции; с целевой функцией на максимум чистого дисконтированного дохода, но без разработки новой продукции.

Представим постановку задачи. Предприятие производит геофизическую аппаратуру (пять основных видов) и весовые системы (два вида).

В первом варианте модели за критерий оптимизации F берется прирост чистого дисконтированного дохода (ЧДД, NPV), расчет которого основан на определении чистого денежного потока:

$$F = \text{ЧДД} = \sum_t (X_{\text{ч.п},t} - X_{\text{к.вл},t} - X_{\text{пр.об.к},t} + X_{\text{ам},t}) / d_t \to \max,$$

где $d_t = \prod_t (1 + b_t)$, $t = 1, 2, \dots, t^*$; $1/d_t$ – коэффициенты дисконтирования; b_t – средневзвешенная плановая рентабельность инвестиций на предприятии (0,13) по годам без учета инфляции, определена на основе данных предприятия, приведенных в табл. 5; $X_{\text{ч.п},t}$ – чистая прибыль организации; $X_{\text{к.вл},t}$ – капитальные вложения; $X_{\text{пр.об.к},t}$ – прирост оборотного капитала, финансируемый из прибыли и краткосрочного кредита; $X_{\text{ам},t}$ – амортизация вновь введенных основных средств нарастающим итогом; $t^* = 5$, рассматривался пятилетний план деятельности предприятия.

Формируются ограничения по дефицитным материальным ресурсам (титан, стеклопластик):

$$\sum_{k,t} m_{kit} x_{it} \le M_{kt},$$

где m_{kit} – затраты материалов вида k на единицу продукции i в периоде t; M_{kt} – ограничение на использование материалов вида k; x_{it} – искомый план выпуска и продаж продукции i в периоде t.

Также формируются ограничения по использованию мощностей (станко-часов) на лимитирующих группах оборудования:

$$\sum_{l,t} n_{lit} x_{it} \le N_{lt},$$

где n_{lit} – затраты мощности (станко-часов) лимитирующих групп оборудования l на единицу продукции i в периоде t; N_{lt} – ограничение по использованию мощности группы оборудования l в периоде t.

Задается также ограничение по производственной мощности предприятия, выраженной в стоимостной форме:

$$\sum_i p_i x_{it} \le P_t,$$

где p_i – цена единицы изделия i; P_t – максимальная производственная возможность предприятия по выпуску продукции по планируемым годам.

Определяются материальные затраты $M_{z,t}$ в стоимостной форме на объем произведенной продукции:

$$\sum_i m_{it} x_{it} - M^{z,t} = 0,$$

где m_{it} – затраты сырья и материалов на производство единицы изделия i.

Определяются расходы основной заработной платы $Z_{\text{о.з.пл},t}$ рабочих предприятия на производство всей продукции в году t:

$$\sum_i z_{\text{о.з.пл},it} x_{it} - Z_{\text{о.з.пл},t} = 0,$$

где $z_{\text{о.з.пл},it}$ – затраты основной заработной платы на производство единицы изделия i.

Рассчитываются прочие прямые затраты $Z_{\text{пр},t}$ на выпуск продукции:

$$\sum_i z_{\text{пр},it} x_{it} - Z_{\text{пр},t} = 0,$$

где $z_{\text{пр},it}$ – прочие прямые затраты на производство единицы изделия i, включая услуги, начисления на основную заработную плату, налоги на оплату труда.

Рассчитываются накладные расходы предприятия $Z_{\text{н.р},t}$:

$$Z_{\text{н.р},t} = 4{,}8\, Z_{\text{о.з.пл},t},$$

где 4,8 – коэффициент накладных расходов на рубль основной заработной платы.

Накладные расходы могут быть определены и более точно. Для этого находятся коэффициенты прироста продаж товарной продукции в году t относительно базового периода $X_{\text{пр.п},t}$:

Таблица 3

Коэффициенты 1/R_0

Коэффи-циент	Изделие 1	Изделие 2	Изделие 3	Изделие 4	Изделие 5	Изделие 6	Изделие 7
1/R_0	0,062	0,027	0,014	0,0005	0,005	0,0003	0,140

$$\sum_i p_i x_{it} K_{\text{пр.п},i} - X_{\text{пр.п},t} = 1,$$

где $K_{\text{пр.п},i}$ – коэффициенты 1/R_0 (табл. 3); R_0 – объем продаж в базовом году.

Тогда на основе регрессионного анализа необходимо найти коэффициенты прироста накладных расходов на рубль прироста продаж (прироста затрат основной заработной платы), что и позволит уточнить прогноз накладных расходов по годам планирования.

Определяется объем выпуска и продаж товарной продукции $X_{\text{прод},t}$:

$$\sum_i p_i x_{it} - X_{\text{прод},t} = 0.$$

Амортизация существующего оборудования переносится на производственные накладные затраты. Для реализации оптимизационного плана по развитию и техническому перевооружению предприятия необходимо расширять производственную базу, поэтому на предприятии вводятся новые основные средства. Программа капитальных вложений представлена в табл. 4. Финансирование этой программы должно быть обеспечено при планировании развития предприятия. Отчисления амортизации проводятся только от новых основных фондов и учитываются в себестоимости продукции и в чистом денежном потоке:

$$X_{\text{ам},t} - w_{\text{ам}} \sum_{r=1}^{t} (X_{\text{к.вл},r} + X_{\text{о.ч.п2},r}) = 0,$$

где $w_{\text{ам}}$ – средняя норма амортизации основных средств (0,08); $X_{\text{к.вл},r} = X_{\text{к.вл}} \; K_{\text{к.вл},r}$, $X_{\text{к.вл}} \leq 1$, $K_{\text{к.вл},r}$ – плановая исходная сумма капитальных вложений по годам (см. табл. 4); $X_{\text{к.вл}}$ – целочисленная переменная, принимающая значения 1 или 0 (программа капитальных вложений реализуется или нет), по каждому направлению задана эф-

Таблица 4

Плановые затраты НПП ГА «Луч» на введение новых основных средств в период 2010–2014 гг., тыс. руб.

Наименование основных средств	2010	2011	2012	2013	2014	Эффективность вложений, %
Оборудование для испытания	1850	–	–	–	–	5
Буровая установка	1210	–	–	–	–	10
Анализатор	–	–	–	–	1034	4
Вибростенд	–	11100	–	–	–	6
Газоанализатор	–	990	–	–	–	5
Станок вертикально-фрезерный	–	6069	–	–	–	15
Установка температуры	–	–	2750	–	–	15
Станок токарно-револьверный	–	–	5830	–	–	15
Инклинометрическая лаборатория	–	–	–	913	–	10
Плазмотрон	–	–	–	1100	–	10
Программно-аппаратурный комплекс	–	–	–	1280	1280	5
Пресс вулканизированный	–	–	–	–	545	5
Итого затрат на основное оборудование	3060	18159	8580	3293	2859	–

фективность затрат, в модели по годам учитывается средневзвешенная эффективность $w_{\text{к.вл},t}$ капитальных вложений; $X_{\text{о.ч.п2},r}$ – величина остатка чистой прибыли, после того как профинансированы прирост оборотного капитала и капитальные вложения, которые используются для реализации прочих нововведений, их средняя эффективность составляет 6%.

Рассчитывается себестоимость произведенной продукции в году $t - X_{\text{себ},t}$:

$$X_{\text{себ},t} - M^{z,t} - Z_{\text{о.з.пл},t} - Z_{\text{пр},t} - Z_{\text{н.р},t} - AM_t = 0.$$

Определяется оценка прибыли предприятия до налогообложения $X_{\text{приб},t}$:

$$X_{\text{прод},t} - X_{\text{себ},t} - 0{,}022\sum_{r=1}^{t}(X_{\text{к.вл},r} + X_{\text{о.ч.п}2,r}) - 0{,}11X_{\text{к.к},t} -$$

$$- 0{,}13X_{\text{д.к},t-1} + П_{\text{проч},t} - X_{\text{н.пр}}\ \ S_{\text{н.пр},t} -$$

$$- X_{\text{ниокр}}\ \ (S_{\text{ниокр},t} + w_{\text{ниокр},t}\sum_{r=1}^{t}S_{\text{ниокр},r}) +$$

$$+ w_{\text{к.вл},t}\sum_{r=1}^{t}X_{\text{к.вл},r} + 0{,}06\sum_{r=1}^{t}X_{\text{о.ч.п}2,r} - X_{\text{приб},t} = 0,$$

где $X_{\text{к.к},t}$ – среднегодовой уровень краткосрочных кредитов в году t, коэффициент 0,11 – ставка процентов по краткосрочным кредитам; 0,022 – коэффициент ставки налога на имущество; $П_{\text{проч},t}$ – прочая прибыль (убытки) предприятия (задается предприятием) по планируемым годам; $X_{\text{д.к},t-1}$ – привлечение долгосрочных кредитов в году (t–1), коэффициент 0,13 – процентная ставка по долгосрочным кредитам; $X_{\text{н.пр}}\ \ S_{\text{н.пр},t}$ – затраты предприятия на НИОКР при создании нового товара; $X_{\text{н.пр}}$ – целочисленная переменная, принимающая значения 1 или 0 (новая продукция разрабатывается или нет). Оценка затрат на разработку нового прибора составляет 4721 тыс. руб., причем затраты в 2009 г. составили 921 тыс. руб., а в 2010 г. сумма затрат – 3800 тыс. руб., что и учитывается в значении $S_{\text{н.пр},1}$.

Кроме создания нового прибора ежегодно на предприятии ведутся другие разработки по разным направлениям. Затраты по годам $S_{\text{ниокр},t}$ на разработку технологических новаций финансируются за счет себестоимости предприятия (табл. 5).

В модели НИОКР рассматриваются как реализуемая (или не реализуемая) программа в целом, введена целочисленная переменная $X_{\text{ниокр}}$, принимающая значения 1 или 0 (программа НИОКР реализуется или нет): $X_{\text{ниокр}} \le 1$ или $1 \le X_{\text{ниокр}}$ (если программа НИОКР убыточна). По каждому направлению в модели по годам учитывается средневзвешенная эффективность затрат $w_{\text{ниокр},t}$. Поэтому в модели значения затрат на НИОКР представляются с учетом эффекта от их реализации (нарастающим итогом по годам).

Чистая прибыль рассчитывается с учетом налогообложения: $X_{\text{ч.п},t} - 0{,}8\ \ X_{\text{приб},t} = 0$. Чистая прибыль направляется на финансиро-

Таблица 5

Плановые затраты НПП ГА «Луч» на разработку других технологических решений в период 2010–2014 гг., тыс. руб.

Технологическое решение	2010	2011	2012	2013	2014	Эффективность вложений, %
Система измерения веса (СИВ)	750	1540	2100	2060	850	6
Система прогностики и диагностики состояния ответств. мех. агрегатов вертолета (СПДВ)	800	2032	1690	1540	938	6
Система измерения массы и положения центра массы (СИМЦ)	1100	3110	2500	1940	1250	6
ЛУЧ-102	4053	3052	6836	7559	10265	20
Итого затрат на НИОКР	6703	9734	13126	7662	13303	–

вание прироста оборотного капитала, на погашение долгосрочных кредитов.

Определяется остаток чистой прибыли $X_{\text{о.ч.п1},t}$ после финансирования прироста оборотного капитала в размере $X_{\text{ч.п.об.к},t}$ и погашения долгосрочного кредита $X_{\text{ч.п.д.к},t}$:

$$X_{\text{ч.п},t} - X_{\text{ч.п.об.к},t} - X_{\text{ч.п.д.к},t} - X_{\text{о.ч.п1},t} = 0.$$

Для финансирования капитальных вложений $X_{\text{к.вл},t}$ используются два источника – чистая прибыль и долгосрочные кредиты, амортизация используется на восстановление основных средств:

$$X_{\text{о.ч.п1},t} + X_{\text{д.к},t} - X_{\text{к.вл},t} - X_{\text{о.ч.п2},t} = 0.$$

Стоимость оборотных активов $X_{\text{об.а},t}$ определяется относительно значений себестоимости продукции и дебиторской задолженности:

$$w_{\text{зап}}\, X_{\text{себ},t} + w_{\text{д.з}} X_{\text{прод},t} - X_{\text{об.а},t} = 0,$$

где $w_{\text{зап}} = 0{,}16$ – уровень стоимости запасов (материалы, незавершенное производство и др.) к себестоимости выпуска товарной продукции; $w_{\text{д.з}} = 0{,}308$ – доля объема продаж, определяющая дебиторскую задолженность.

Для оптимизационной модели планирования функционирования и развития предприятия вводятся ограничения, описывающие данные бухгалтерского баланса, для чего в прогнозном балансе достаточно рассчитать основные его показатели.

Прирост оборотных активов рассчитывается по формуле $X_{\text{пр.об.а},t} = X_{\text{об.а},t} - X_{\text{об.а},t-1}$.

Уровень внеоборотных активов $X_{\text{внеоб.а},t}$ рассчитывается исходя из объема капитальных вложений: $X_{\text{внеоб.а},t} = X_{\text{внеоб.а},t-1} + X_{\text{к.вл},t} + X_{\text{о.ч.п2},t}$.

Кредиторская задолженность $X_{\text{к.з},t}$ определяется как часть краткосрочных обязательств $X_{\text{к.об},t}$ без краткосрочных кредитов $X_{\text{к.к},t}$: $X_{\text{к.з},t} = X_{\text{к.об},t} - X_{\text{к.к},t}$.

Прирост кредиторской задолженности определяется по формуле $X_{\text{пр.к.з},t} = X_{\text{к.з},t} - X_{\text{к.з},t-1}$.

Финансирование прироста оборотных активов осуществляется в два этапа. Сначала учитывается финансирование за счет прироста кредиторской задолженности, затем – за счет чистой прибыли ($X_{\text{ч.п.об.к},t}$) и краткосрочного кредита:

$$X_{\text{пр.об.а},t} - X_{\text{пр.к.з},t} - X_{\text{пр.об.к},t} \le 0,$$
$$X_{\text{пр.об.к},t} - X_{\text{ч.п.об.к},t} - X_{\text{к.к},t} + X_{\text{к.к},t-1} = 0.$$

Рассчитывается пополнение капитала и резервов: $X_{\text{к.р},t} = X_{\text{к.р},t-1} + X_{\text{ч.п},t}$.

Долгосрочные обязательства $X_{\text{д.о},t}$ определяются с учетом поступления кредитов и их погашения: $X_{\text{д.о},t} = X_{\text{д.о},t-1} + X_{\text{д.к},t} - X_{\text{ч.п.д.к},t}$.

Краткосрочные обязательства определяются из условия равенства пассивов и активов баланса: $X_{\text{к.об},t} - X_{\text{внеоб.а},t} - X_{\text{об.а},t} + X_{\text{к.р},t} + X_{\text{д.о},t} = 0$.

Ограничения объемов продаж фиксируют возможности рынка сбыта продукции:

$$x_{\text{н},it} \le x_{it} \le x_{\text{в},it},\ i \ne 2,$$

где $x_{\text{н},it}$ – нижняя граница продаж; $x_{\text{в},it}$ – верхняя граница продаж; 2 – индекс нового прибора.

Ограничения для нового прибора задаются следующим образом: $x_{\text{н},2t} \le x_{2t} \le x_{\text{в},2t} X_{\text{н.пр}},\ X_{\text{н.пр}} \le 1$.

Значения x_{it} – целочисленные, что накладывает дополнительные ограничения на разработку оптимизационной модели.

При построении оптимизационной модели планирования деятельности предприятия рассматривается и второй вариант решения задачи, где целевой функцией является максимизация чистой прибыли: $F = \sum_t X_{\text{ч.п},t} \to \max$.

При этом ограничения, описывающие экономическую, финансовую и производственную деятельность, остаются неизменными.

Для определения целесообразности финансирования разработки и производства новой продукции в третьем варианте модели оптимизационного планирования с целевой функцией на максимум чистого дисконтированного дохода не учитывается выпуск новой продукции. Это позволяет дать оценку ЧДД для новой продукции (используется принцип с проектом и без него).

Коротко представим результаты оптимизационных расчетов. Рассмотрим двойственные оценки ограничений в задаче оптимизации на максимум ЧДД (табл. 6). На переменные, связанные с выпуском продукции и реализацией проектов, наложены ограничения целочисленности. Так как решение в целых числах выходит на верхние и нижние границы на соответствующие переменные, а решение такой же задачи без условий целочисленности дает тот же результат, воспользуемся решением задачи линейного программирования.

Приведем результаты анализа (см. табл. 6) двойственных оценок по продукции, по части ограничений и по целочисленным переменным. Так, двойственная оценка изделия № 1 определена как –328,8 тыс. руб. Данная оценка означает, что если верхнюю границу спроса в исходных данных уменьшить на единицу, то ЧДД сократится на 328,8 тыс. руб. Двойственные оценки изделий для первого года планирования существенно больше, чем для последующих лет. Это говорит о наличии системного (синергического) эффекта на предприятии. Получение прибыли за счет продажи какого-то изделия в первом году обеспечивает финансирование в последующие годы новых разработок, которые при их реализации также дают прирост прибыли, и т.д. В пятом году двойственные оценки формируются только на базе эффектов этого периода.

Таблица 6

Двойственные оценки части ограничений на переменные задачи оптимизационного прогнозирования с целевой функцией на максимум ЧДД, тыс. руб.

Оцениваемый параметр	2010	2011	2012	2013	2014
Изделия					
x_1	–328,80	–217,74	–153,98	–96,97	–45,88
x_2, новый прибор	–199,10	–131,80	–93,30	–58,70	–27,80
x_3	–70,82	–46,90	–33,17	–20,88	–9,88
x_4	–2,60	–1,71	–1,21	–0,76	–0,36
x_5	–2,67	–1,76	–1,25	–0,78	–0,37
x_6	–1,56	–1,03	–0,73	–0,46	–0,22
x_7	–734,67	–486,55	–344,08	-216,68	–102,54
Ограничения					
объем продаж	–0,27	–0,18	–0,127	–0,08	–0,038
капитал и резервы	10,00	10,66	10,62	10,60	10,00
прирост кредиторской задолженности	10,00	–10,66	–10,62	–10,60	–10,00
Целочисленные переменные					
новая продукция $X_{н.пр}$	–1856,37	–	–	–	–
НИОКР $X_{ниокр}$	5030,03	–	–	–	–
программа капвложений $X_{к.вл}$	–315,68	–	–	–	–

Представим также часть оценок для технико-экономических ограничений. Так, оценка ограничения по расчету объема продаж равна –0,27. Это значит, что уменьшение объема продаж на рубль приведет к снижению ЧДД на 0,27 руб. Аналогичные оценки (но с разными знаками) получены для ограничений по прямым затратам, накладным расходам, в целом по себестоимости, по прибыли. Существенна оценка ограничения по капиталу и резервам: при росте (за счет чистой прибыли) капитала и резервов на единицу ЧДД увеличивается на 10 единиц, а внеоборотные активы уменьшают ЧДД на ту же величину. Такая же оценка получена для ограничений по приросту оборотных активов. Прирост кредиторской задолженности увеличивает прирост ЧДД (оценка – 10), а прирост оборотного капитала, наоборот, уменьшает ЧДД на ту же величину. Как видим, параметры баланса существенно влияют на финансовое положение предприятия, прирост его стоимости на рынке.

Однако основной интерес связан с оценкой эффективности разработки и реализации нового прибора. Все, что имеет отношение к данному прибору, представлено в модели с помощью целочисленной переменной $X_{\text{н.пр}}$. Двойственная оценка для этой переменной равна приросту ЧДД на 1856,37 тыс. руб. Таким образом, программа создания и реализации нового прибора эффективна, способствует росту стоимости предприятия. Уточняется такая оценка следующим образом: решается та же задача на максимум ЧДД, но без проекта. ЧДД уменьшается с 47,77 до 45,86 млн руб., т.е. на 1,91 млн руб. Как видим, двойственная оценка проекта и расчеты с проектом и без него дают почти одинаковые результаты. Это подтверждает правильность расчетов. Новая продукция за пять лет обеспечит прирост чистой прибыли на 16843 тыс. руб.

Однако снижает ЧДД реализация дополнительной программы НИОКР (см. табл. 5) за пять лет на 5030 тыс. руб. Она реализуется в обязательном порядке, хотя и недостаточно эффективна. Программа капитальных вложений (см. табл. 4) увеличивает ЧДД на 315,68 тыс. руб.

Итак, мы представили методологический подход к организации планирования деятельности предприятия от разработки новой продукции до ее реализации в системе оптимизационного внутрифирменного управления. Из-за отсутствия достаточно обоснованной методики управления рисками на уровне промышленных предприятий актуальность данной темы исследований не вызывает сомнений. Результаты проведенной работы важны и для программы реиндустриализации экономики. В статье представлен оригинальный концептуальный подход к организации планирования развития предприятия в условиях риска и неопределенности во внешней и внутренней среде. Планирование основано на использовании многоуровневой системы моделей. В данной статье рассматривается только верхний уровень планирования – процесс создания новой продукции на основе использования стохастических графов с возвратами, теории массового обслуживания и оптимизационного планирования для оценки эффективности реализации новой продукции. Методический подход к организации планирования иллюстрируется практическими расчетами.

Статья подготовлена по плану НИР ИЭОПП СО РАН в рамках приоритетного направления XI.172 (проект XI.172.1.3). Номер регистрации 0325-2016-0003 в ИСГЗ ФАНО

Список источников

1. *Андерсон А.Р., Гриненко Б.А., Мартынов Э.З., Мироносецкий Н.Б.* Управление производством новых изделий. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1980. – 216 с.
2. *Беренс В., Хавранек П.М.* Руководство по оценке эффективности инвестиций: Пер. с англ. – М.: АОЗТ «Интерэксперт»; ИНФРА-М, 1995. – 528 с.
3. *Качалов Р.М.* Управление экономическим риском: теоретические основы и приложения. – Москва; Санкт-Петербург: Нестор-История, 2012. – 248 с.
4. *Кирина Л.В., Астанина Л.А.* Моделирование инновационных процессов // Вестник Новосибирского государственного университета. Сер.: Социально-экономические науки. – 2008. – Т. 8, вып. 2. – С. 103–108.
5. *Кравченко Н.А., Клисторин В.И., Ждан Г.В., Аверкин П.А.* Система управления Программой реиндустриализации экономики Новосибирской области // Регион: экономика и социология. – 2016. – № 2 (90). – С. 62–80.
6. *Маркова В.Д.* Бизнес-модели инновационных компаний // Инновационная фирма: теория и практика развития. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2011. – С. 14–25.
7. *Мироносецкий Н.Б.* Моделирование процессов создания и выпуска новой продукции. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1976. – 167 с.
8. *Оптимизация* планов производства / Лычагин М.В., Маркова В.Д., Мироносецкий Н.Б. и др. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1987. – 213 с.
9. *Шумпетер Й.* Теория экономического развития. – М.: Прогресс, 1982. – 456 с.
10. *Winters P.R.* Forecasting sales by exponentially weighted moving averages // Management Science. – 1960. – No. 6. – P. 324–342.

Информация об авторах

Титов Владислав Владимирович (Россия, Новосибирск) – доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник. Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН (630090, Новосибирск, просп. Акад. Лаврентьева 17, e-mail: titov@ieie.nsc.ru).

Напреева Светлана Константиновна (Россия, Новосибирск) – заместитель генерального директора ООО «Научно-производственное предприятие геофизической аппаратуры «Луч» (630051, Новосибирск, ул. 2-я Юргинская 34, e-mail: stenka1@yandex.ru).

DOI: 10.15372/REG20170413

Region: Economics & Sociology, 2017, No. 4 (96), p. 285–306

V.V. Titov, S.K. Napreeva

OPTIMIZING PLANNING OF INNOVATIVE PROCESS FROM NEW PRODUCT DEVELOPMENT TO DISTRIBUTION

The organization of corporate planning from the development of new products to their distribution in the system of optimized intracompany management under risk and uncertainty of external and internal environment is a complex scientific and methodological problem. Currently, there are virtually no sound risk-management techniques at the level of industrial enterprises, so the research issue is undoubtedly topical. At the top level of management, key strategic indicators are achieved by the development and implementation of innovations, mostly related to planning and producing new high-tech products. However, it is at this level that risk and uncertainty have the greatest impact on planning the design, production, and distribution of new products. Researchers suggest using stochastic graphs with backtracks for such planning. This idea is supported by an optimization model for corporate planning, which enables to assess the efficiency of new product development and distribution processes. In the article, we show the solution methodically and practically by an example of a functioning instrument-making plant.

Keywords: new product development; stochastic graphs with backtracks; product characterization; the assessment of production efficiency; optimization model for corporate planning

The publication is prepared within the priority XI.172 (project No XI.172.1.3) according to the research plan of the IEIE SB RAS

References

1. *Anderson, A.R., B.A. Grinenko, E.Z. Martynov* & *N.B. Mironosetskiy*. (1980). Upravlenie proizvodstvom novykh izdeliy [Managing Innovative Production]. Novosibirsk, Nauka Publ., Siberian Department, 216.

2. *Behrens, W.* & *P.M. Hawranek*. (1995). Rukovodstvo po otsenke effektivnosti investitsiy. Per. s angl. [Manual for the Preparation of Industrial Feasibility Studies. Transl. from English]. Moscow, AOZT Interexpert, INFRA-M, 528.

3. *Kachalov, R.M*. (2012). Upravlenie ekonomicheskim riskom: teoreticheskie osnovy i prilozheniya [Management of Economic Risk: Theoretic Foundations and Applications]. Moscow, Saint-Petersburg, Nestor-Istoria Publ., 248.

4. *Kirina, L.V*. & *L.A. Astanina*. (2008). Modelirovanie innovatsionnykh protsessov [Modeling innovation processes]. Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Sotsialno-ekonomicheskie nauki [Vestnik of Novosibirsk State University. Series: Social and Economic Sciences], Vol. 8, Iss. 2, 103–108.

5. *Kravchenko, N.A., V.I. Klistorin, G.V. Zhdan* & *A.P. Averkin*. (2016). Sistema upravleniya programmoy reindustrializatsii ekonomiki Novosibirskoy oblasti [Management system for the Program for Reindustrialization of the Economy of Novosibirsk Oblast]. Region: ekonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology], 2 (90), 62–80.

6. *Markova, V.D*. (2011). Biznes-modeli innovatsionnykh kompaniy [Business models of innovation companies]. Innovatsionnaya firma: teoriya i praktika razvitiya [Innovation Firm: Development Theory and Practice]. Novosibirsk, Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS Publ., 14–25.

7. *Mironosetskiy, N.B*. (1976). Modelirovanie protsessov sozdaniya i vypuska novoy produktsii [Modeling Processes of New Product Creation and Release]. Novosibirsk, Nauka Publ., Siberian Department, 167.

8. *Lychagin, M.V., V.D. Markova, N.B. Mironosetskiy et al*. (1987). Optimizatsiya planov proizvodstva [Optimization of Production Plans]. Novosibirsk, Nauka Publ., Siberian Department, 213.

9. *Schumpeter, J*. (1982). Teoriya ekonomicheskogo razvitiya [The Theory of Economic Development]. Moscow, Progress Publ., 456.

10. *Winters, P.R*. (1960). Forecasting sales by exponentially weighted moving averages. Management Science, 6, 324.

Information about the authors

Titov, Vladislav Vladimirovich (Novosibirsk, Russia) – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Chief Researcher at the Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (17, Ac. Lavrentiev av., Novosibirsk, 630090, Russia, e-mail: titov@ieie.nsc.ru).

Napreeva, Svetlana Konstantinovna (Novosibirsk, Russia) – Deputy Director-General at OOO Scientific Production Enterprise of Geophysical Equipment «Luch» (34, 2nd Yurga st., Novosibirsk, 630051, Russia, e-mail: stenka1@yandex.ru).

Рукопись статьи поступила в редколлегию 09.10.2017 г.