

# Математическая модель формирования оптимального финансового потока инновационной деятельности предприятия

И. А. Горячева, О. А. Мызрова, А. П. Плотников, Л. О. Сердюкова  
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.  
Olga\_myzrova@mail.ru

**Аннотация.** Современное состояние промышленных предприятий России, несмотря на поставленные задачи перехода экономики от сырьевого к инновационному развитию, повышения конкурентоспособности, развития отечественного производства в условиях санкций, характеризуется низкими показателями инновационной активности. Одной из причин сложившейся ситуации выступают проблемы, связанные с рациональным использованием собственных и заемных финансовых ресурсов, направляемых на инновационную деятельность, которая является высокорискованной и соответственно требующей высокой рентабельности.

В целях формирования оптимального финансового потока инновационной деятельности предлагается использовать математическую модель, построенную на основе метода потоочно-финансовых структур (ПФС). Модель позволяет оценивать интенсивность финансового потока предприятия; оптимальный объем средств, направляемых на формирование финансового потока инновационной деятельности; выявлять зависимость между рентабельностью вкладываемых инвестиций и объемами реализации инновационной продукции; учитывать риски; определять чувствительность инвестиций к изменению процентной ставки.

**Ключевые слова:** математическая модель; метод потоочно-финансовых структур; модель системы финансовых средств; интенсивность; дюрация; оптимизация

## I. ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях развития цифровой экономики происходит ускорение процессов информатизации, сопровождающееся перепрофилированием рынков, изменением условий конкуренции, ростом степени неопределенности и рисков, снижением финансовых возможностей предприятий реального сектора экономики привлекать внешние источники инвестирования инновационной деятельности. В этой связи возникает необходимость разработки новых методов формирования и оптимизации использования как собственного, так и заемного капитала, образующего финансовый поток инновационной деятельности предприятия.

В последнее время, несмотря на разработку мер по государственной поддержке инновационного предпринимательства, основная доля среди источников финансиرو-

ния приходится на собственный капитал, а не на банки, венчурные фонды и другие, так называемые, институциональные источники, что связано с ростом неопределенности, рисков, неизвестностью сроков отдачи и результатов, необходимой для инвесторов информации и приводит к снижению инновационной активности. В результате вновь активно стали проводиться исследования по разработке различных методов выбора источников финансирования инновационного бизнеса [2, 3, 4, 6, 12, 14].

Одной из главных проблем, обсуждаемых в научной литературе, является выявление факторов, влияющих на выбор источников финансирования [1, 5, 14, 16, 18], а также величину отдачи, получаемой как предприятием от каждого источника, так и инвестором [8, 9, 10].

Решению выше перечисленных проблем может способствовать модель формирования оптимального финансового потока инновационной деятельности предприятия, построенная на основе метода потоочно-финансовых структур, которая позволяет не только оценивать риски, необходимую интенсивность финансового потока предприятия и чувствительность инвестиций к изменению процентной ставки, но и определять оптимальный объем требуемых средств; выявлять зависимость надежности и рентабельности вкладываемых инвестиций от результатов инновационной деятельности.

## II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Построение математической модели оптимизации финансового потока на основе метода потоочно-финансовых основано на подходе индустриальной динамики [7] адаптированного к движению финансовых ресурсов предприятия. Метод потоочно-финансовых структур предлагается использовать в сбытовой логистике [17], при построении финансового плана и бюджетировании на предприятии [13, 15].

Построение математической модели на основе метода ПФС при управлении инновационной деятельностью предприятия имеет ряд преимуществ:

- позволяет строить сетевую модель формирования финансового потока инновационной деятельности,

функционирующего во внутренней среде предприятия;

- определять оптимальное соответствие финансовых, материальных и информационных потоков;
- оценить и оптимизировать финансовый поток;
- учитывать фактор времени;
- формировать эффективную стратегию и планы развития инновационной деятельности;
- - прогнозировать и оценивать риски.

### III. ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ПФС

При построении модели оптимизации финансового потока инновационной деятельности предприятия на основе метода ПФС составляется графическая схема, на которой все потоки представляются непрерывными переменными величинами. Затем для них определяются направления и интенсивность движения средств, которые формируются в блоках-накопителях, которые могут иметь как положительное, так и отрицательное значение. Положительное значение отражает активы, отрицательное – собственные и заемные источники средств, используемые в процессе инновационной деятельности. В результате, т.к. активы и источники средств должны иметь между собой баланс, в модели он представляется следующим образом:

$$\sum_i C_i(t) = 0, \quad (1)$$

где  $i$  – индекс накопителя.

Финансовый поток от реализации принципиально новой продукции, как результата инновационной деятельности предприятия, формируется за счет выручки от продаж ( $BP_t$ ), которая в модели может быть представлена в виде потока от затрат ( $Z_t$ ) и потока прибыли  $P_t$ :

$$BP_t = Z_t + P_t. \quad (2)$$

В связи с тем, что получаемая величина прибыли может быть использована на накопление с целью реинвестирования для инновационной деятельности, то наблюдается ее отток из величины выручки. Поэтому в модели отрицательное значение в накопителе растет. Поток затрат ( $Z_t$ ) имеет положительное значение на конец периода учета, а поток прибыли  $P_t$  одновременно перемещается, что отражается нулевым содержанием блока реализации.

При формировании финансового потока инновационной деятельности предприятия оборотные последовательно принимают форму запасов и затрат, дебиторской задолженности и денежных средств. В результате образуются потоки оборотного цикла:

$$P_{цт} = C_{ед} \cdot K, \quad (3)$$

$$P_{сг} = C_{ед} \cdot K, \quad (4)$$

где  $K$  – объем товарного потока инновационной деятельности;

$C_{ед}$  – цена единицы инновационной продукции;

$C_{ед}$  – себестоимость единицы инновационной продукции.

В формировании финансового потока инновационной деятельности потока участвует также себестоимость, которая учитывается через соотношение цены продаж и себестоимости:

$$P_{цт} = C_{ед} / C_{сг} \cdot C. \quad (5)$$

Метод ПФС позволяет анализировать режимы, интенсивность и стабильность движения финансовых потоков. Если интенсивность финансовых потоков от продаж и затрат является постоянной величиной в течение продолжительного периода времени, то предприятие функционирует стабильно и с течением времени будет выполняться условие:

$$P_{цт} = P_{сг} = P_{зг} = const \quad (6)$$

Рассчитанная таким образом интенсивность инвестиций взаимосвязана с финансовым потоком от продаж и называется интенсивностью финансового потока инновационной деятельности предприятия в его оборотном цикле. В связи с тем, что предприятие имеет ограничения по производственной нагрузке (максимальная величина зависит от производственной мощности предприятия) и по каналам товародвижения (минимальная величина определяется в зависимости от экономических факторов), то объем финансового потока инновационной деятельности в оборотном цикле предприятия позволяет выявить степень его производственной нагрузки.

Интенсивность входящего притока средств определяется как сумма потоков:

$$P_t = P_{сг} + P_{ам(г)} + P_{чп(г)}. \quad (7)$$

В связи с тем, что с позиции предприятия критерием эффективности вложения собственного капитала в инновационную деятельность является их рентабельность, то:

$$P_{ид}^{СК} = P_{цт} / СК \cdot T \rightarrow \max, \quad (8)$$

где  $T$  – продолжительность периода;

$СК$  – собственный капитал предприятия, вложенный в инновационную деятельность.

Таким образом, для формирования финансового потока инновационной деятельности предприятия необходимо учитывать оптимальную величину используемых в этом процессе собственных средств по критерию их рентабельности. В случае, если происходит рост рентабельности собственного капитала, задействованного в инновационной деятельности предприятия, то собственные средства могут давать меньшую отдачу по причинам ограниченности производственных мощностей, недостатка объемов финансирования полной нагрузки оборотного цикла. Кроме того, финансирование инновационной деятельности за

счет собственного капитала позволяет определять не только прогнозируемый объем продаж, прибыли, величины средств и их источников, но и значение коэффициента покрытия:

$$K_c = (З + Д) / И, \quad (9)$$

где З – запасы и затраты;

Д – денежные средства;

И – финансовые средства (собственные и заемные), вложенные в развитие инновационной деятельности предприятия.

Модель формирования оптимального финансового потока инновационной деятельности предприятия на основе метода ПФС можно описать, учитывая условие минимума затрат и максимума прибыли:

$$\sum_{i=1}^n (N_i \times S_i) - \sum_{j=1}^m Z_j \rightarrow \max \quad (10)$$

где  $N_i$  – объем производства  $i$ -ого вида продукции, шт.

$S_i$  – оптовая цена  $i$ -го вида продукции, руб.;

$m$  – количество элементов затрат на производство продукции, шт.;

$Z_j$  – затраты по  $j$  – му элементу, руб.

Для финансирования инновационной деятельности предприятия, как правило, требуется привлечение заемных средств. Поэтому необходимо проанализировать чувствительность инвестиций к изменению процентной ставки на основе дюрации, которая зависит от структуры источников и текущей процентной ставки и позволяет провести оценку средней срочности составляющих источников инвестирования с учетом дисконтирования их стоимости:

$$D = \sum_{i=1}^N C_i t_i / (1 + Y) / PV, \quad (11)$$

В случае использования модифицированной дюрации и выпуклости потока платежей можно получить достаточно точную характеристику чувствительности к процентной ставке, т.е. зависимость изменения стоимости инвестиций при изменении процентной ставки на 1 базисный пункт:

$$\Delta PV = -MD \times PV \times \Delta Y + 0,5 \times C \times PV \times \Delta Y^2 \quad (12)$$

#### IV. АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ

Апробация модели оптимизации финансового потока на основе метода ПФС проведена на машиностроительном предприятии Саратовской области, разработавшего принципиально новые детали для легковых автомобилей. В результате была разработана схема оптимальной величины финансового потока инновационного проекта по производству и реализации этих деталей (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1 ОЦЕНКА ФИНАНСОВОГО ПОТОКА ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ПФС

Наименование показателя	Первый год	Второй год
Интенсивность потока в оборотном цикле предприятия, тыс. руб.	61655,1	91671,25
Чистый приток денежных средств, тыс. руб.	4425	5791
Валовая прибыль, тыс. руб.	8616,4	101701
Чистая прибыль, тыс. руб.	39689	5287
Рентабельность собственного капитала, %	-13,27	15,83

Проведенные расчеты на основе показателя дюрация позволили установить, что так как инвестиции осуществляются в первый год внедрения инновационного проекта, то стоимость инвестиций практически не зависит от изменения процентной ставки (табл. 2).

ТАБЛИЦА 2 ОЦЕНКА ТЕКУЩЕЙ РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ ДЮРАЦИИ

Наименование показателя	Значение
Текущая стоимость инвестиций, тыс. руб.	39041,43
Дюрация инвестиций, ед.	1
Модифицированная дюрация инвестиций, ед.	0,987
Зависимость изменения текущей стоимости инвестиций от изменения процентной ставки, тыс. руб.	-571,98
Выпуклость инвестиционного потока, ед.	1,497

Кроме того, в процессе оценки построения модели формирования финансового потока инновационной деятельности на основе метода ПФС были определены показатели использования финансовых средств, которые позволили установить, что если интенсивность финансового потока инновационной продукции выбирается максимально допустимой при использовании собственного капитала как источника финансирования, то предприятие может проводить инновационную деятельность достаточно стабильно.

#### V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, использование метода ПФС позволяет построить модель формирования оптимального финансового потока инновационной деятельности с учетом его формирования и использования, а также рисков, связанных с необходимостью возврата в определенные сроки заемных средств, оценить стабильность финансового функционирования предприятия, и определить возможный и достаточный объем собственного капитала, вкладываемого в данное направление развития предприятия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Beck T., Demircuc-Kunt A., Maksimovic V. (2008) Financing Patterns around the World: Are Small Firms Different? // Journal of Financial Economics. Vol. 89. № 3. P. 467–487.
- [2] Bredikhin S., Linton J., Matoszko T. (2017) Why and How the Value of Science-Based Firms Violates Financial Theory: Implications for Policy and Governance. Foresight and STI Governance, vol. 11, no 1, pp. 24–30.
- [3] Casault S., Groen A.J., Linton J.D. (2013) Examination of the behavior of R&D returns using a power law // Science and Public Policy. Vol. 40. № 2. P. 219–228.

- [4] Casault S., Groen A.J., Linton J.D. (2014) Improving value assessment of high-risk, high-reward biotechnology research: The role of 'thick tails' // *New Biotechnology*. Vol. 31. № 2. P. 172–178.
- [5] Chavis L., Klapper L., Love I. (2011) The Impact of the Business Environment on Young Firm Financing // *The World Bank Economic Review*. Vol. 25. № 3. P. 486–507.
- [6] Filiasi M., Livan G., Marsili M., Peressi M., Vesselli E., Zarinelli E. (2014) On the concentration of large deviations for fat tailed distributions, with application to financial data // *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment* (online). Issue 9, P09030. Режим доступа: <http://iopscience.iop.org/article> (дата обращения 15.05.2018).
- [7] Forrester J. *Fundamentals of Enterprise Cybernetics* (Industrial Dynamics): Per. with English. / Ed. D.M. Gvishiani. M.: Progress, 1971. 340 p.
- [8] Fursov K., Roschina Y., Balmush O. (2016) Determinants of Research Productivity: An Individual-level Lens. *Foresight and STI Governance*, vol. 10, no 2, pp. 44-56.
- [9] Gokhberg L., Kitova G., Roud V. (2014) Tax Incentives for R&D and Innovation: Demand versus Effects. *Foresight-Russia*, vol. 8, no 3, pp. 18–41.
- [10] Köhler C., Larédo P., Rammer C. (2012) The Impact and Effectiveness of Fiscal Incentives for R&D. *Compendium of Evidence on the Effectiveness of Innovation Policy Intervention*. Manchester: University of Manchester. Режим доступа: <http://research.mbs.ac.uk/innovation> (дата обращения 16.04.2018).
- [11] Kuznetsova T., Roud V. (2011) Efficiency Factors and Motivations Driving Innovative Activity of Russian Industrial Enterprises. *Foresight-Russia*, vol. 5, no 2, pp. 34–47.
- [12] Newton D.P., Paxson D.A., Widdicks M. (2004) Real R&D options // *International Journal of Management Reviews*. Vol. 5–6. № 2. P. 113–130
- [13] Noskova N.Yu. Algorithm for optimization of financial flows in the process of budgeting at the aircraft manufacturing enterprise / N.Yu. Noskov // *Bulletin of Tomsk State University*. 2014. № 380. P.154-160.
- [14] Obratsova O., Poliakova T., Popovskaya E. (2017) The Choice of Funding Sources for Start-Ups in a Transitional Economy: The Ability to Predict in a National Context. *Foresight and STI Governance*, vol. 11, no 3, P. 71–81.
- [15] Pavlov VA, Rybakov SM. Methodology of the on-line financial analysis of the enterprise activity // *Risk*. 1997. № 5. P. 64-68.
- [16] Shane S., Venkataraman S. (2000) The Promise of Entrepreneurship as a Field of Research // *The Academy of Management Review*. Vol. 25. № 1. P. 217–226.
- [17] Slavtskova L.V. Assessment of the financial flow based on the method of flow-financial structures / / *Modern theory and practice of management in regional socio-economic systems: a collection of scientific papers* - Saratov, Sarat. state. tech. University, 2008. - P. 172-186.
- [18] Yang J.S., Kuntchev V., Ramalho R., Rodriguez-Meza J. (2013) What have we learned from the Enterprise Surveys regarding access to finance by SMEs? (Policy Research Working Paper WPS6670), Washington, D.C.: World Bank.