

DOI: 10.18721/JE.14409

УДК 338.1

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОЙ МОДЕЛИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Данилов А.А.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Динамические изменения экономической среды 2010-х – начала 2020-х годов формирует спрос на пересмотр принятых ранее приоритетов управления промышленными предприятиями, выявление новых возможностей для их функционирования и развития. Глобальные изменения условий хозяйствования сигнализируют о необходимости последовательных корректировок производственной деятельности российских предприятий, в частности промышленных, смещают их целеполагание от оптимизации результатов текущей деятельности к поиску и формированию долгосрочных стратегий. Цель исследования – доказать эффективность модифицированной модели логистической динамики при расчёте ключевых прогнозных показателей реализации инвестиционного проекта промышленного предприятия. В статье доказана эффективность модифицированной модели логистической динамики как инструмента инвестиционного планирования деятельности промышленного предприятия. Предложен алгоритм расчёта модели логистической динамики. Ключевыми показателями модели выступают значения интервала эффективных инвестиций, пиковые значения доходности и убыточности инвестиционного проекта и образующие модель коэффициенты масштаба, смещения и формы. Меняющиеся условия хозяйствования промышленных предприятий предполагают постоянный поиск эффективных инструментов обеспечения устойчивого развития – сбалансированного набора мероприятий, в котором использование ресурсов, осуществление инвестиций направлены на достижение стратегических целей. Результатом исследования выступает построенная модель инвестиционной деятельности ПАО «Фосагро» по программе «Стратегия 2020». Исследование инструментов инвестиционного планирования деятельности промышленных предприятий показывает, что в текущих экономических реалиях важно ориентировать высшие управленческие кадры на экологичный, устойчивый экономический рост. Остро стоит проблема учёта параметра риска в модифицированной модели логистической динамики, что является предметом будущих исследований. Ключевым результатом инвестиционного планирования с применением авторской модели является, прежде всего, большая информированность лица, принимающего решения, о реальном сценарии реализации инвестиционного проекта на его предприятии. На практическом примере инвестиционной программы ПАО «Фосагро» удалось доказать эффективность модифицированной модели логистической динамики. Высокий спрос на эффективный прогнозный инструментарий для рациональной реализации проектов устойчивого развития как частных, так и государственных организаций определили актуальность исследования.

**Ключевые слова:** промышленное предприятие, инвестиционное планирование, финансовое моделирование, проектный менеджмент, инвестиционное обеспечение

**Ссылка при цитировании:** Данилов А.А. Особенности применения модифицированной модели логистической динамики при реализации инвестиционного проекта промышленного предприятия // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2021. Т. 14, № 4. С. 122–132. DOI: 10.18721/JE.14409

Это статья открытого доступа, распространяемая по лицензии CC BY-NC 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

## FEATURES OF APPLYING MODIFIED MODEL OF LOGISTIC DYNAMICS FOR AN INDUSTRIAL ENTERPRISE IMPLEMENTING INVESTMENT PROJECTS

A.A. Danilov

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,  
St. Petersburg, Russian Federation

The dynamic changes in the economic environment of the 2010s – early 2020s create a demand for revising the previously adopted priorities for managing industrial enterprises, identifying new opportunities for their functioning and development. Global changes in business conditions signal the need for consistent adjustments in the production activities of Russian enterprises, in particular industrial ones, shift their goal-setting from optimizing the results of current activities to finding and forming long-term strategies. The purpose of the study is to prove the effectiveness of the modified model of logistic dynamics when calculating key indicators for the implementation of an investment project of an industrial enterprise. The article proves the effectiveness of the modified model of logistic dynamics as a tool for investment planning of an industrial enterprise. An algorithm for calculating the model of logistic dynamics is proposed. The key indicators of the model are the values of the effective investment interval, the peak values of the profitability and unprofitableness of the investment project, and the coefficients of scale, displacement and shape that form the model. The changing business environment of industrial enterprises presupposes a constant search for effective tools to ensure sustainable development: a balanced set of measures in which the use of resources and investments are aimed at achieving strategic goals. The result of the research is the constructed model of the investment activity of PJSC “Phosagro” under the “Strategy 2020” program. A study of investment planning tools for industrial enterprises shows that, in the current economic realities, it is important to orient the top management towards environmentally friendly, sustainable economic growth. There is an acute problem of taking into account the risk parameter in the modified model of logistic dynamics, which is the subject of future research. The key result of investment planning using the author’s model is, first of all, a greater awareness of the decision-maker about the real scenario for the implementation of an investment project at their enterprise. On the practical example of the investment program of PJSC “Phosagro”, it was possible to prove the effectiveness of the modified model of logistic dynamics. The high demand for effective forecasting tools for the rational implementation of sustainable development projects of both private and public organizations determined the relevance of the study.

**Keywords:** industrial enterprise, investment planning, financial modeling, project management, investment support

**Citation:** A.A. Danilov, Features of applying modified model of logistic dynamics for an industrial enterprise implementing investment projects, St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 14 (4) (2021) 122–132. DOI: 10.18721/JE.14409

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

### Введение

Практическая реализация инвестиционных проектов на промышленном предприятии требует от руководства сочетания эффективного инвестиционного планирования и операционного менеджмента организации. Однако, в силу недостатка научно-методического обеспечения существуют трудности как в планировании, так и в реализации инвестиционных проектов. В этой связи становится актуальной разработка инструментов стратегического менеджмента, позволяющих вести долгосрочное планирование развития промышленного предприятия. Одним из таких инструментов является инвестиционное планирование как постоянно действующая функция менеджмента, реализуемое с применением моделей поведения предприятия в различных условиях и методиках, построенных на их основе. В совокупности эти модели и методики ориентированы на поддержку устойчивого развития предприятия и рациональное ресурсное обеспечение этого развития. Объектом исследования является промышленное предприятие как микроэкономическая система, осуществляющая инвестиционные проекты. Предмет исследования: организацион-

но-экономические отношения, возникающие в процессе реализации инвестиционных программ промышленных предприятий.

### **Литературный обзор**

В статье [1] авторы В.И. Малюк и А.А. Данилов рассмотрели возможность применения S-кривых при планировании инвестиционных проектов на предприятии коммерческого сектора. В данной работе авторы решили задачу эффективного инвестиционного планирования проекта коммерческой организации, однако она не позволяет решить проблему на куда более сложных, многофакторных проектах развития промышленных предприятий. Поэтому в авторами В.И. Малюком, Г.Ю. Силкиной, А.Е. Радаевым и А.А. Даниловым в [3] предложено доработать исходную логистическую модель Ферхюльста в модифицированную модель логистической динамики.

Отметим, что Яшин С.Н и Тихонов С.В. [4] в общем виде раскрыли потенциал S-кривых в части прогнозирования инновационного потенциала предприятия, однако содержание самой S-модели в исследовании не раскрыто. Также, Кузьмичева Е.С., Обидина В.И. [5] в своём исследовании раскрыли потенциал применения S-кривых для описания социально-экономических процессов в стране в целом, что относится исключительно к макро моделированию. В публикации Довбий И.П. и Шмакова Б.В. [6] раскрыто описание S-кривых Альтшуллера-Фостера в инновационном процессе, однако вопрос апробации и количественного описания результатов S-моделирования по Альтшуллеру-Фостеру не исследован авторами. В работе Бабкина А.В., Здольниковой С.В., Козлова А.В., Бабкина И.А. [20] показали перспективу реализации организационно-экономического механизма управления инновационным потенциалом промышленного кластера для управления инновационным потенциалом промышленных кластеров. Данный механизм представляется весьма интересным для апробаций на различных промышленных кластерах. В исследовании Кузнецовой Е.Ю., Кузнецова С.В. [21] предложена авторская система показателей и методик оценки устойчивого развития промышленного предприятия, представленная в форме интегрального показателя. Разработанный инструментарий применим для разработки государственных программ устойчивого развития.

### **Цель исследования**

Одним из перспективных методов, позволяющих делать оценки оптимальности объемов инвестированных в развитие предприятия инвестиционных ресурсов, является проведение вычислительных экспериментов на основе адекватного постановке задачи экономико-математическое моделирование. Цель исследования доказать эффективность модифицированной модели логистической динамики при расчете ключевых прогнозных показателей реализации инвестиционного проекта промышленного предприятия. Ключевой задачей исследования является проведение поэтапной апробацию модели логистической динамики и доказательство её эффективности на примере инвестиционного проекта промышленного предприятия. Однако авторская модель применима для предприятий различного масштаба деятельности, форм собственности, организационно-правовой формы. Высокий спрос на эффективный прогнозный инструментарий для рациональной реализации проектов устойчивого развития как частных, так и государственных организаций определили актуальность исследования.

### **Методы исследования**

Помимо проекта “Old Mill Village”, который скорее можно отнести к сфере услуг, который рассматривался в работе [1], модифицированная модель логистической динамики применима и к инвестиционным проектам на промышленных предприятиях. В исследовании применены методы экономического анализа, синтеза и моделирования. Так, для апробации модели были использованы данные интегрированной отчетности ГК “Фосагро” за 2018-й год и финансовая

отчетность группы за 2014-2018 гг. К 2018-у году группа Фосагро стала крупнейшим поставщиком удобрений в России. Объём поставленных удобрений в 2018-ом составил 9 млн. т. Кроме этого, компания активно наращивает экспансию на внешние рынки. Общий объём экспортных поставок в 2018-м составил 6,4 млн. т. Ключевые регионы роста: Европа и Латинская Америка показали уверенный рост на 10,5 % (до 2 млн. т.) и 39 % (до 3 млн. т.) соответственно.

Бизнес-модель ФосАгро охватывает весь цикл производства удобрений: от добычи фосфатного сырья, его переработки на современных производственных мощностях на предприятиях группы в Череповце, Балакове и Волхове, до собственной логистической инфраструктуры и сети дистрибуции. Отметим, что в рамках программы развития компании “Стратегия 2020” пройден пик инвестиционного цикла строительством установок по производству аммиака и гранулированного карбамида в подразделение АО “ФосАгро-Череповец” [2].

### Результаты и обсуждения

По данным компании в строительство установок было инвестировано 65 млрд. руб. Единица продукции характеризуется т. Произведенного сырья. На основе отчётности компании за 2014-2018 гг. сформированы аналитические данные инвестиций в установки по производства аммиака и гранулированного карбамида и отдача от этих инвестиций соответственно (данные представлены усредненно) на которых построен модифицированная модель логистической динамики, которая в общем виде представляет собой уравнение:

$$Y(x) = \frac{A \cdot 10^a}{1 + 10^a} \cdot \frac{1 - 10^{-bx}}{1 + 10^{a-bx}}. \quad (1)$$

Результаты расчётов представлены в табл. 1, 2 и 3 [7, 8].

Рассмотрим этапы применения модели логистической динамики на примере программы ПАО “Фосагро”: “Стратегия 2020”.

*Первый этап* связан с подготовкой исходных данных (отчётность ПАО “Фосагро” 2014-2018) к расчётам. Результаты представлены в (табл. 1)

*На втором этапе* произведён расчёт начальных значений коэффициентов А, а и b. Примем b = 0,01. Коэффициенты A<sup>0</sup> и a<sup>0</sup> рассчитаем по ниже представленным формулам. Для расчётов воспользуемся программным продуктом Microsoft Excel:

$$a^0 = \lg \left[ \frac{\frac{Y_{\max}}{Y_{\min}} \cdot \frac{10^{-b \cdot x_{\min}} - 1}{10^{-b \cdot x_{\max}} - 1} - 1}{10^{-b \cdot x_{\min}} - 10^{-b \cdot x_{\max}} \cdot \frac{Y_{\max}}{Y_{\min}} \cdot \frac{10^{-b \cdot x_{\min}} - 1}{10^{-b \cdot x_{\max}} - 1}} \right] = 1,64; \quad (2)$$

$$A^0 = Y_{\max} \cdot \frac{1 + 10^a}{10^a} \cdot \frac{1 + 10^{a-b \cdot x_{\max}}}{1 - 10^{-b \cdot x_{\max}}} = 2013,68. \quad (3)$$

*На третьем этапе* выполнена оптимизация параметров модели по принципу минимизации суммы квадратов разностей прогнозных и фактических значений отдачи от инвестиций в проекты развития ПАО “Фосагро” [9, 10].

Для этого произведем расчёт прогнозных значений модели по формуле  $Y(x) = \frac{A \cdot 10^a}{1 + 10^a} \cdot \frac{1 - 10^{-bx}}{1 + 10^{a-bx}}$ .

Результаты представлены в табл. 1. Далее рассчитаем сумму квадратов разностей прогнозных и фактических значений переменных  $S_i (y'_i - y^-_i)^2 = 862408,24$  (табл. 2).

**Таблица 1. Исходные данные модели логистической динамики на примере инвестиционной программы капитальных инвестиций ГК “Фосагро” стратегия 2020**  
**Table 1. Initial data of the logistic dynamics model on the example of the investment program of capital investments of Phosagro Group of Companies strategy 2020**

Порядковый номер измерения $i$	Исходные значения		Преобразованные значения		Прогнозные значения
	независимая переменная $x_i$	зависимая переменная $y_i$	независимая переменная $x_i^* = x_i / M$	зависимая переменная $y_i^* = y_i / M$	зависимая переменная $y_i^* = \frac{A \cdot 10^a \cdot (1 - 10^{-bx})}{(1 + 10^a) \cdot (1 + 10^{ax})}$
0	0,00	0	0,00001	0,00001	2,7E-06
1	10 000 000,00	14 400 000,00	10	14,4	2,78
2	25 000 000,00	36 000 000,00	25	36	7,27
3	40 000 000,00	57 600 000,00	40	57,6	12,18
4	50 000 000,00	72 000 000,00	50	72	15,70
5	70 000 000,00	103 200 000,00	70	103,2	23,39
6	100 000 000,00	150 000 000,00	100	150	36,74
7	130 000 000,00	196 800 000,00	130	196,8	52,57
8	150 000 000,00	228 000 000,00	150	228	64,72
9	190 000 000,00	289 200 000,00	190	289,2	93,42
10	250 000 000,00	381 000 000,00	250	381	149,73
11	310 000 000,00	472 800 000,00	310	472,8	225,73
12	350 000 000,00	534 000 000,00	350	534	289,36
13	410 000 000,00	620 400 000,00	410	620,4	406,47
14	500 000 000,00	750 000 000,00	500	750	631,14
15	590 000 000,00	879 600 000,00	590	879,6	900,10
16	650 000 000,00	966 000 000,00	650	966	1087,16
17	720 000 000,00	1 068 900 000,00	720	1068,9	1294,05
18	825 000 000,00	1 223 250 000,00	825	1223,25	1550,42
19	930 000 000,00	1 377 600 000,00	930	1377,6	1727,07
20	1 000 000 000,00	1 480 500 000,00	1000	1480,5	1805,59
21	1 066 489 000,00	1 578 255 000,00	1066,489	1578,255	1857,94
22	1 166 224 000,00	1 724 887 500,00	1166,224	1724,8875	1907,82
23	1 265 958 000,00	1 871 520 000,00	1265,958	1871,52	1935,743
24	1 332 448 000,00	1 969 275 000,00	1332,448	1969,275	1946,97
миним.			0,00001	0,00001	
максим.			1332,448	1969,275	

На четвертом этапе производим расчёт коэффициента детерминации.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m (\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^m \left( y_i - \frac{\sum_{i=1}^m y_i}{m} \right)^2} = 0,91. \tag{4}$$

**Таблица 2. Расчётные характеристики модели логистической динамики на примере инвестиционной программы капитальных инвестиций ГК “Фосагро” стратегия 2020**

**Table 2. Estimated characteristics of the logistic dynamics model on the example of the investment program of capital investments of Phosagro Group of Companies strategy 2020**

Масштабный коэффициент преобразования $M$	1000000
Погрешность значений переменных в нулевой точке $\Delta$	0,00001
Сумма квадратов разностей прогнозных и фактических значений переменных $\sum_i (y_i^* - y_i^-)^2$	862408,24
Коэффициент детерминации $R^2$	0,91

**Таблица 3. Оптимизируемые характеристики модели логистической динамики на примере инвестиционной программы капитальных инвестиций ГК “Фосагро” стратегия 2020**

**Table 3. Optimized characteristics of the logistic dynamics model on the example of the investment program of capital investments of Phosagro Group of Companies strategy 2020**

Наименование коэффициента аппроксимации	Начальное значение	Оптимальное значение $v_0$	Прогнозное значение отдачи от инвестиций $y^-$	Разность отдачи инвестиций и их объема $y^- - v$	Квадрат разности отдачи инвестиций и их объема $(y^- - v)^2$	
коэффициент масштаба $A$	2013,68	2013,68	—	—	—	
коэффициент смещения $a$	1,64	1,64	—	—	—	
коэффициент формы $b$	0,01	0,002	—	—	—	
Объем рациональных инвестиций (млн.руб.)	$X_{ef}^{max}$	1100,23	1878,05	1968,78	—	475,71
	$X_{ef}^{min}$	650,12	1087,53	1870,93	—	613710,58
Наиболее выгодный объем инвестиционных вложений $x^{max+}$ (млн. руб.)	1000,00	1805,59	1968,08	162,49	—	
Наименее выгодный объем инвестиционных вложений $x^{max-}$ (млн. руб.)	10,00	2,78	0,75	-2,02	—	

Расчёт также выполнен в Microsoft Excel. Расчётное значение говорит о высокой сходимости эмпирических и расчётных данных модели, то есть о высоком качестве прогнозной модели [9, 10].

После того как мы удостоверились в точности прогнозных данных отразим их на рис. 1.

На пятом этапе определим границы интервала рациональных инвестиций в проект. Для этого проведём через полученные модели прямую линию из начала координат под 45°, которая будет являться для нас прямой безубыточности. Результат построения показан на рис. 1. Инвестиционная программа 2020 является необычным с точки зрения инвестиционного анализа проектом. Он изначально является безубыточным на промежутке 2014–2018 в силу активно растущего спроса на продукцию ПАО “Фосагро”, как на внутреннем, так и на зарубежных рынках. В силу конфиденциальности данных по отдаче на инвестиции в проекты строительства установки карбомида и аммиака в качестве данных по отдаче на инвестиции представлены преобразованные значения рентабельности капитала от инвестиций в программу строительства установки за 2014–2018 гг. В этой связи мы можем отследить не столько интервал безубыточного инвестирования, сколько интервал наибольшей доходности вложений за рассматриваемый период [11, 12].

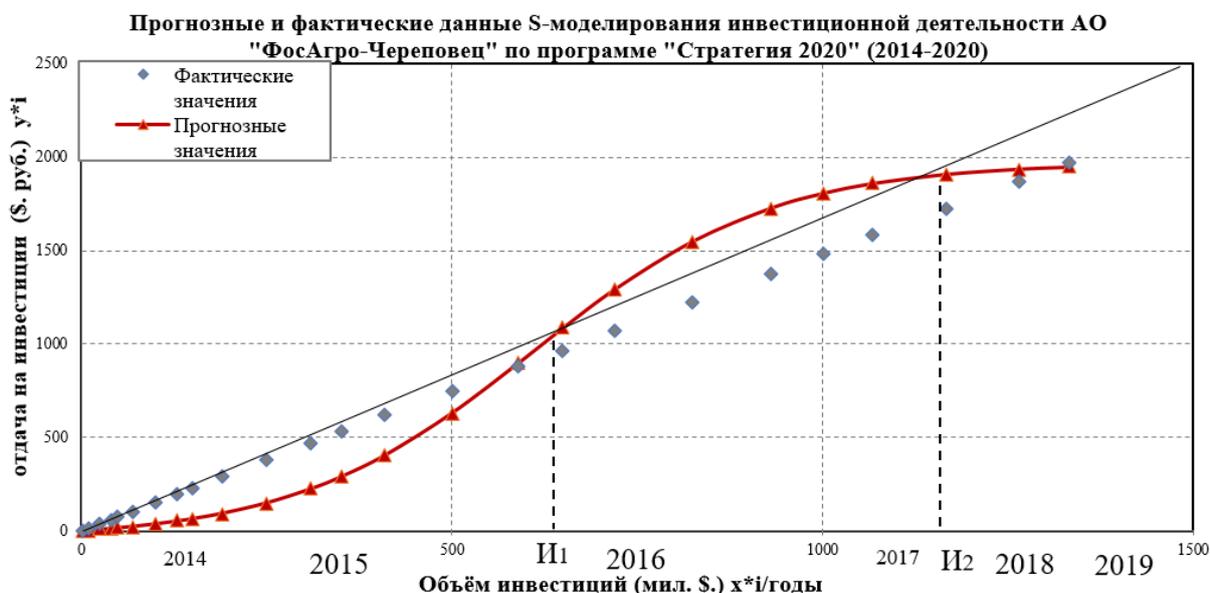


Рис. 1. Прогнозные и фактические данные S-моделирования инвестиционной деятельности ПАО “Фосагро” по программе “Стратегия 2020”

Fig. 1. Forecast and actual data of S-modeling of investment activities of PJSC "Phosagro" under the program "Strategy 2020"

Далее согласно алгоритму проведены вычисления по формуле  $Y(x) = \frac{A \cdot 10^a}{1 + 10^a} * \frac{1 - 10^{-bx}}{1 + 10^{a-bx}}$ , с учётом следующих условий:

$$\left\{ \begin{aligned} & \left( \frac{A \cdot 10^a}{1 + 10^a} * \frac{1 - 10^{-b \cdot x_{ef}^{\min(\max)}}}{1 + 10^{a-b \cdot x_{ef}^{\min(\max)}}} - x_{ef}^{\min(\max)} \right)^2 \rightarrow \min(\max), \\ & x_{ef}^{\min(\max)} \geq 0; \end{aligned} \right. \tag{5}$$

используя графические данные  $X_{ef}^{\min 0}$  ( $I_1$ ) и  $X_{ef}^{\max 0}$  ( $I_2$ ) последовательно рассчитаем прогнозные значения функции. Проведем оптимизационную операцию при помощи функции “Поиск решений” в программе Microsoft Excel в табл. 3 [13, 14].

Таким образом, определился интервал наиболее доходного инвестирования  $I_1 - I_2$  (рис. 1). Как мы видим на рис. 1 существенный рост доходности проекта приходится на 2017 г и высокий результат закрепляется в 2018 г, что связано с рекордно-высокими продажами ПАО “Фосагро” в 2018 г. [2].

На шестом этапе определим объём инвестиций, обеспечивающий максимальную отдачу.

Для определения значения  $x^{\max+}$  ( $I_{opt}$ ) и  $x^{\max-}$  ( $I_{wors}$ ) по графическим данным определим начальное значение (рис. 1). В нашем случае это  $x^{\max+}$  ( $I_{opt}$ ) = 1100,23 (млн. руб) и  $x^{\max-}$  ( $I_{wors}$ ) = 650,12 (млн. руб.) соответственно. Далее подставим начальные значения в оптимизационную модель

$$\left\{ \begin{aligned} & \left( \frac{A \cdot 10^a}{1 + 10^a} * \frac{1 - 10^{-b \cdot N_{opt(wors)}}}{1 + 10^{a-b \cdot x_{ef}^{\min(\max)}}} - N_{opt(wors)} \right)^2 \rightarrow \max(\min); \\ & N_{opt(wors)} \geq 0. \end{aligned} \right. \tag{6}$$

Вычисления в программном продукте Microsoft Excel дали следующие результаты  $x^{\max+} (I_{\text{opt}}) = 1878,05$  (млн. руб) и  $x^{\max-} (I_{\text{wors}}) = 1087,53$  (млн. руб.) [15, 16].

На седьмом, заключительном, этапе методики определим уровни максимально возможных доходов и потерь от реализации проекта.

Для этого мы можем провести вычисления как по формулам, представленным ниже:

$$x_1 = a - \frac{1}{b} \lg \left( \frac{(A \cdot b \cdot \ln 10 - 2) + \sqrt{(A \cdot b \cdot \ln 10)^2 - 4A \cdot b \cdot \ln 10}}{2} \right), \quad (7)$$

$$x_2 = a - \frac{1}{b} \lg \left( \frac{(A \cdot b \cdot \ln 10 - 2) - \sqrt{(A \cdot b \cdot \ln 10)^2 - 4A \cdot b \cdot \ln 10}}{2} \right), \quad (8)$$

или же можно воспользоваться уже полученным результатами шестого этапа, так как расчётные значения седьмого этапа являются целевыми параметрами функции шестого, то есть

$$\Delta^{\max+} = y^- - v = 162,49 \text{ (млн. руб.)};$$

$$\Delta^{\max-} = y^- - v = -2,02 \text{ (млн. руб.) см. табл. 2 [17, 18].}$$

### Заключение

Таким образом:

1. Удалось на практическом примере инвестиционной программы промышленного предприятия ПАО “Фосагро” доказать эффективность модифицированной модели логистической динамики. Сходимость исходных и прогнозных данных модели оказалась высока. В результате моделирование удалось выделить интервал эффективного (безубыточного) инвестирования, период пиковой доходности проекта и интервал наибольших возможных потерь.

2. Расчётные данные показали высокую степень точности (табл. 1), что подтверждает практическую значимость разработанных инструментов моделирования.

3. Отметим, что в отличие от традиционных инструментов инвестиционного анализа модифицированная модель логистической динамики отличается высокой точностью прогнозных значений и количественными показателями, отражающими ключевые точки реализации проекта.

В исследовании доказана на практическом уровне эффективность применения разработанного авторами инструмента устойчивого развития предприятия: модифицированной модели логистической динамики, пригодная для использования в инвестиционном менеджменте на промышленных предприятиях и многопрофильных холдингах. Применение методов и инструментов модели позволяет менеджменту компании получить аналитическую информацию о производственной системе (спрогнозировать этапы реализации инвестиционного проекта, программы) компании, что повышает определенность в процессе принятия управленческих решений о развитии предприятия. Расчёт интервала эффективного (безубыточного) инвестирования, расчёт потенциальной максимальной доходности и максимальных возможных убытков от реализации инвестиционного проекта на предприятии – вот ключевые репрезентативные показатели модели.

Информационной базой для построения модифицированных моделей логистической динамики и S-моделей могут быть инвестиционные проекты из различных областей, как проекты среднего бизнеса, так и крупные инвестиционные программы международных промышленных компаний химической промышленности. Модифицированная модель логистической динамики апробирована на инвестиционном проекте ПАО “Фосагро” и признана руководством компаний

и союзом “Ленинградская областная торгово-промышленная палата” эффективным инструментом инвестиционного менеджмента.

#### Направления дальнейших исследований

Практика применения модифицированной модели логистической динамики на инвестиционной программе промышленного предприятия показывает высокую точность прогнозных данных [19–22]. Следующим шагом в развитии исследования может быть дальнейшая апробация модели логистической динамики на инвестиционных программах как промышленных предприятий, так и коммерческих организаций различных секторов экономики.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Malyuk V., Danilov A.** Modeling of the investment project of construction the cottage settlement, MATEC Web of Conferences, Vol. 170, 01090 (2018).
2. Официальный сайт ПАО “Фосагро”, интегрированная отчётность ПАО “Фосагро” за 2018 г. <https://www.phosagro.ru>
3. Исследование процессов развития промышленного предприятия на основе моделей логистической динамики / В.И. Малюк, Г.Ю. Силкина, А.Е. Радаев, А.А. Данилов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 3: Экономические, гуманитарные и общественные науки. – 2018. – № 4. – С. 10–17.
4. **Яшин С.Н., Тихонов С.В.** Применение S-образных логистических кривых при оценке и прогнозировании инновационного потенциала предприятия // Финансы и кредит. 2015. № 43 (667).
5. **Кузьмичева Е.С., Обидина В.И.** Моделирование динамики экономических процессов // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 10 [Электронный ресурс].
6. **Довбий И.П., Шмаков Б.В.** Кривые Альтшуллера-Фостера в инновационном процессе // Вестник ЮУрГУ. Серия: Экономика и менеджмент. 2016. № 2.
7. **Малюк В.И., Данилов А.А.** Проблемы применения S-моделей для описания производственных процессов // Инновационные кластеры цифровой экономики: новые вызовы: труды научно-практической конференции с международным участием / под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. – 499–505 с.
8. **Малюк В.И.** Методика оценки рационального распределения ограниченных инвестиций в развитие производственной системы региона // Региональная экономика: теория и практика. 2009. № 18.
9. Инновационные кластеры цифровой экономики: Теория и практика / Под ред. А.В. Бабкина. СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2018. 676 с.
10. **Verhulst P.F.** Recherches Mathématiques sur La Loi D’Accroissement de la Population, Nouveaux Mémoires de l’Académie Royale des Sciences et Belles-Lettres de Bruxelles, 18, Art. 1, 1–45, 1845.
11. **Michael J. Panik.** Growth curve modeling. Theory and Applications. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. Published simultaneously in Canada.
12. **Катаргин Н.В.** Экономико-математическое моделирование: Учебное пособие / Н.В. Катаргин. – СПб.: Лань, 2018. – 256 с.
13. **Миловидова С.Н.** Стратегический анализ внешней и внутренней среды организации // Экономика и предпринимательство. – 2018. – № 2. – С. 1207–1213.
14. **Алпатов Ю.Н.** Математическое моделирование производственных процессов: Учебное пособие / Ю.Н. Алпатов. – СПб.: Лань, 2018. – 136 с.
15. **Светульников С.Г.** Производственные функции комплексных переменных: Экономико-математическое моделирование производственной динамики / С.Г. Светульников, И.С. Светульников. – М.: Ленанд, 2019. – 170 с.
16. **Babkin A.V., Zdolnikova S.V., Kozlov A.V., Babkin I.A.** Organizational and economic mechanism of management by innovative potential of industrial cluster. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 2019, no. 2, pp. 71–83. DOI: 10.18721/JE.12208
17. **Ендовицкий Д.А.** Комплексный анализ и контроль инвестиционной деятельности: методология и практика / Д.А. Ендовицкий. – М.: Финансы и статистика, 2017. – 400 с.

18. **Гладышева И.В.** К вопросу построения модели устойчивого развития промышленного предприятия. Стратегии бизнеса. 2018; (4): 15–19. <https://doi.org/10.17747/2311-7184-2018-4-15-19>.
19. **Савиных В.Н.** Математическое моделирование производственного и финансового менеджмента / В.Н. Савиных. – М.: КноРус, 2018. – 256 с.
20. **Кузнецова Е.Ю., Кузнецов С.В.** Оценка устойчивого развития промышленного предприятия // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. 2019. Т. 18, № 2. С. 186–209. DOI: 10.15826/vestnik.2019.18.2.010
21. **Сутягин В.Ю.** Нюансы оценки инвестиционных проектов // Социально-экономическое явление и процессы. – 2014. – № 10. – С. 87–101.
22. **Кобзев В.В., Радаев А.Е., Кривченко А.С.** Математическое моделирование производственных систем / СПбГПУ – Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического ун-та, 2014. – 238 с.

## REFERENCES

1. **V. Malyuk, A. Danilov**, Modeling of the investment project of construction the cottage settlement, MATEC Web of Conferences, Vol. 170, 01090 (2018)
2. Ofitsialnyy sayt PAO “Fosagro”, integrirovannaya otchetnost PAO “Fosagro” za 2018 g. <https://www.phosagro.ru>
3. Issledovaniye protsessov razvitiya promyshlennogo predpriyatiya na osnove modeley logisticheskoy dinamiki / V.I. Malyuk, G.Yu. Silkina, A.Ye. Radayev, A.A. Danilov // Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i dizayna. Seriya 3: Ekonomicheskiye, gumanitarnyye i obshchestvennyye nauki. – 2018. – № 4. – S. 10–17.
4. **S.N. Yashin, S.V. Tikhonov**, Primeneniye S-obraznykh logisticheskikh krivykh pri otsenke i prognozirovanii innovatsionnogo potentsiala predpriyatiya // Finansy i kredit. 2015. № 43 (667).
5. **Ye.S. Kuzmicheva, V.I. Obidina**, Modelirovaniye dinamiki ekonomicheskikh protsessov // Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii. 2015. № 10 [Elektronnyy resurs].
6. **I.P. Dovbiy, B.V. Shmakov**, Krivyye Altshullera-Fostera v innovatsionnom protsesse // Vestnik YuUrGU. Seriya: Ekonomika i menedzhment. 2016. № 2.
7. **V.I. Malyuk, A.A. Danilov**, Problemy primeneniya S-modeley dlya opisaniya proizvodstvennykh protsessov // Innovatsionnyye klasteri tsifrovoy ekonomiki: novyye vyzovy: trudy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem / pod red. d-ra ekon. nauk, prof. A.V. Babkina. – SPb.: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2018. – 499–505 s.
8. **V.I. Malyuk**, Metodika otsenki ratsionalnogo raspredeleniya ogranichennykh investitsiy v razvitiye proizvodstvennoy sistemy regiona // Regionalnaya ekonomika: teoriya i praktika. 2009. № 18.
9. Innovatsionnyye klasteri tsifrovoy ekonomiki: Teoriya i praktika / Pod red. A.V. Babkina. SPb.: Izd-vo Politekhnicheskogo un-ta, 2018. 676 s.
10. **P.F. Verhulst**, Recherches Mathématiques sur La Loi D’Accroissement de la Population, Nouveaux Mémoires de l’Académie Royale des Sciences et Belles-Lettres de Bruxelles, 18, Art. 1, 1–45, 1845.
11. **Michael J. Panik**, Growth curve modeling. Theory and Applications. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. Published simultaneously in Canada.
12. **N.V. Katargin**, Ekonomiko-matematicheskoye modelirovaniye: Uchebnoye posobiye / N.V. Katargin. – SPb.: Lan, 2018. – 256 с.
13. **S.N. Milovidova**, Strategicheskii analiz vneshney i vnutrenney sredy organizatsii // Ekonomika i predprinimatelstvo. – 2018. – № 2. – S. 1207–1213.
14. **Yu.N. Alpatov**, Matematicheskoye modelirovaniye proizvodstvennykh protsessov: Uchebnoye posobiye / Yu.N. Alpatov. – SPb.: Lan, 2018. – 136 с.
15. **S.G. Svetunkov**, Proizvodstvennyye funktsii kompleksnykh peremennykh: Ekonomiko-matematicheskoye modelirovaniye proizvodstvennoy dinamiki / S.G. Svetunkov, I.S. Svetunkov. – M.: Lenand, 2019. – 170 с.
16. **A.V. Babkin, S.V. Zdolnikova, A.V. Kozlov, I.A. Babkin**, Organizational and economic mechanism of management by innovative potential of industrial cluster. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 2019, no. 2, pp. 71–83. DOI: 10.18721/JE.12208
17. **D.A. Yendovitskiy**, Kompleksnyy analiz i kontrol investitsionnoy deyatelnosti: metodologiya i praktika / D.A. Yendovitskiy. – M.: Finansy i statistika, 2017. – 400 с.

18. **I.V. Gladysheva**, K voprosu postroyeniya modeli ustoychivogo razvitiya promyshlennogo predpriyatiya. Strategii biznesa. 2018;(4): 15–19. <https://doi.org/10.17747/2311-7184-2018-4-15-19>
19. **V.N. Savinykh**, Matematicheskoye modelirovaniye proizvodstvennogo i finansovogo menedzhmenta / V.N. Savinykh. – M.: KnoRus, 2018. – 256 с.
20. **Ye.Yu. Kuznetsova, S.V. Kuznetsov**, Otsenka ustoychivogo razvitiya promyshlennogo predpriyatiya // Vestnik UrFU. Seriya ekonomika i upravleniye. 2019. T. 18, № 2. S. 186–209. DOI: 10.15826/vestnik.2019.18.2.010
21. **V.Yu. Sutyagin**, Nyuansy otsenki investitsionnykh proyektov // Sotsialno-ekonomicheskoye yavleniye i protsessy. – 2014. – № 10. – S. 87–101.
22. **V.V. Kobzev, A.Ye. Radayev, A.S. Krivchenko**, Matematicheskoye modelirovaniye proizvodstvennykh sistem / SPbGPU – Sankt-Peterburg: Izd-vo Politekhnicheskogo un-ta, 2014. – 238 s.

*Статья поступила в редакцию 18.07.2021.*

#### **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ / THE AUTHOR**

**ДАНИЛОВ Александр Андреевич**

E-mail: alexdanilov1993@gmail.com

**DANILOV Aleksandr A.**

E-mail: alexdanilov1993@gmail.com

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2021