

**Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого
Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли**

На правах рукописи

Данилов Александр Андреевич

**Методы и инструменты определения рациональных объемов
инвестиций, привлекаемых в развитие производственного предприятия**

Направление подготовки 38.06.01 Экономика

Код и наименование

Направленность 38.06.01_01 Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям)

Код и наименование

НАУЧНЫЙ ДОКЛАД

об основных результатах научно-квалификационной работы (диссертации)

Автор работы: Данилов Александр Андреевич
Научный руководитель: профессор д.э.н,
Малюк Владимир Иванович

Санкт Петербург – 2019

Научно-квалификационная работа выполнена в ВШУБ Института промышленного менеджмента, экономики и торговли федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Директор ВШУБ:

– **Ильин Игорь Васильевич**
доктор экономических наук,
профессор

Научный руководитель:

– **Малюк Владимир Иванович**
доктор экономических наук,
профессор

Рецензент:

– **Цветков Алексей Николаевич**
доктор экономических наук,
профессор,
федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский
государственный экономический
университет», профессор кафедры
проектного менеджмента и
управления качеством

С научным докладом можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» и на сайте Электронной библиотеки СПбПУ по адресу: <http://elib.spbstu.ru>

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Текущая обстановка в мире носит переменчивый характер и формирует новые отношения и вызовы в сфере деятельности промышленных предприятий. Мировая экономика в своём развитии достигает постиндустриальный характер и становится все более глобальной, что ведёт к повышению динамики и сложности процессов, формирующих внешнюю и внутреннюю среду современной организации. Изменению подвержено всё: продукты (их функциональные особенности и дизайн), технологии (методы производства, используемые материалы, энергопотребление и энергосбережение... сегодня это один из самых изменчивых факторов производства); формы и методы организации производства (на основе применения новых автоматизированных и автоматических машинных систем единичный тип производства становится таким же экономически обоснованным как и массовый тип); методы и инструменты мотивации персонала предприятий к эффективной производственной деятельности (изменение механизмов мотивации, с фокусом на персональную мотивацию...) и т.д. В результате, принятия управленческих решений менеджментом организации в таких условиях становится всё более сложным процессом, который требует больших компетенций для руководителя, чем раньше. В этой связи, становится актуальным разработка эффективных инструментов стратегического менеджмента, позволяющих вести долгосрочное планирование развития организации. Одним из таких инструментов является функция проектного прогнозирования, реализуемая в организации как постоянно действующая функция менеджмента. В подобных социально-экономических условиях хозяйствования актуальным становится разработка моделей поведения организации в тех или иных условиях, методик, построенных на их основе способствующих устойчивому организационному развитию и его рациональному ресурсному обеспечению.

Повышение эффективности и результативности использования имеющихся ограниченных ресурсов является сегодня одной из ключевых задач, решаемых руководством предприятия. Решение этой задачи включает в себя расчёт оптимального объёма ресурсов, требуемого для максимально эффективной реализации проектов организационного развития. При её решении важно обеспечить быстрый возврат инвестированного капитала. Классический подход предполагает первичное маркетинговое исследование рынка по каждой стратегической зоне хозяйствования. Затем строится зависимость уровня спроса от цены реализации продукта. На

заключительном этапе происходит обоснование оптимального объёма инвестиций, в зависимости от максимально возможного объёма реализации продукта при различных ценах на основе Break-even анализа. В практическом применении данный подход имеет ряд недостатков. Крайне затруднительным представляется построение достоверных зависимостей, основанных на данных маркетинговых исследований, отражающих объём продаж при различных уровнях цен. И главное, весьма рискованным является проведение экспериментов с различными объёмами инвестиций с целью поиска их оптимального объёма, в условиях быстро меняющейся внешней среды. Одним из перспективных методов, позволяющих делать оценки оптимальности объёмов инвестированных в развитие организации ресурсов, является экономико-математическое моделирование, основанное на S-зависимостях. Данные модели лишены имеющихся в классическом подходе недостатков. Результаты S-моделирования существенно повышают уровень информированности лица принимающего решение по проекту развития фирмы.

В рамках данного исследования была поставлена актуальная, на наш взгляд, задача разработки и научного обоснования методики построения S-моделей, которая позволит рассчитывать ключевые показатели реализации проекта развития (инвестиционного проекта) на предприятии. Такая методика, по нашему мнению, может быть применена для организаций различного масштаба деятельности, форм собственности, организационно-правовой формы. Высокий спрос на эффективный прогнозный инструментарий для рациональной реализации проектов организационного развития как частных, так и государственных организаций определили актуальность исследования.

Модели, предоставляющие необходимую информацию для осуществления рационального распределения инвестиций в основные факторы производственных систем (проекты) в течении десятилетий являются предметом исследований отечественных и зарубежных учёных.

Подходы и методы, позволяющие строить достоверные прогнозные модели развития организаций на макро и микро уровнях, представлены в работах отечественных ученых В.И. Малюка, Г.Ю. Силкиной, А.Е. Радаева, М.П. Власова, П.Д. Шимко, В.В. Кобзева, В.С. Тимофеева, Цветкова А.Н., А.В. Фаддеенкова, С.В. Сулоевой, Х. Я. Галиуллина, Р. Е. Белкина, Е. В. Векленко, И. И. Стёпкиной, В. М. Солошенко, Н.Н. Тренёва, и др.

Фундаментальные исследования в области построения S-моделей представлены в трудах зарубежных учёных: П.Ф. Ферхюльста, М.Д. Паника, Перрин С. Мейер, Джейсон В. Юнг, Джейси Х. Осубель, Т. Бассетти, В.

Ябланович и др. Разработки модели динамического планирования инвестиций представлены в работах Э.З. Коридзе и др.

Отмечая высокую значимость исследований вышеперечисленных учёных для теории и практики экономического моделирования, отметим, что вызовы мировой экономики 21 века стимулируют развитие новых экономико-математических моделей и методик их использования, которые бы предоставляли лицу принимающему решения (ЛПР) большой объем точной информации для более эффективного управления развитием предприятия.

Теоретическая и практическая значимость описанных проблем определили выбор темы исследования, формирование его цели и постановку научных задач.

Цель исследования – разработка методики рационального распределения ограниченных инвестиций в развитие основных факторов производственных систем на основе моделей логистической динамики.

Для осуществления цели исследования в диссертации определен ряд **научных задач**:

1) обосновать эффективность применения и разработать модели логистической динамики для определения рационального распределения ограниченных инвестиций в развитие производственного предприятия;

2) разработать алгоритм количественного определения границ интервала рациональных инвестиций в организационное развитие;

3) сформировать подход к определению объема инвестиций, обеспечивающих максимальную отдачу, т.е. максимальную рентабельность средств, направленных в развитие фирмы;

4) разработать метод определения величины наибольших потерь, которые предприятие может понести в результате непродуманной инвестиционной политики, а так же максимальную величину дохода, которую фирма получит при верно выбранной инвестиционной политике;

Объектом исследования

Выступает производственная система, реализующая проекты организационного развития.

Предметом исследования являются организационно-экономические отношения, возникающие в процессе развития производственной системы.

Соответствие темы диссертации требованиям паспорта специальности научных работников (экономические науки).

Исследование проведено в соответствии с паспортом специальности 08.00.05 “Экономика и управление народным хозяйством (экономика,

организация и управление предприятиями, отраслями комплексами: промышленность)”, подп. 1.1.4 Инструменты внутрифирменного и стратегического планирования на промышленных предприятиях, отраслях и комплексах; подп. 1.1.13. Инструменты и методы менеджмента промышленных предприятий, отраслей, комплексов.

Теоретико-методологической основой исследования являются фундаментальные исследования, теории и гипотезы науки об управлении организацией, методы экономико-математического моделирования социально-экономических процессов; публикации отечественных и зарубежных ученых по повышению эффективности инвестиций в проекты развития предприятий; теоретические положения о влиянии уровня развития трудового коллектива на эффективность организации и проектов развития.

Инструментально-методический аппарат исследования включает в себя следующие приёмы научного исследования: структурно-иерархический и институциональный подход к построению моделей функционирования предприятий; использование методов научного познания: динамического анализа, графических и табличных методов, методов экономико-математического моделирования. Использование аналитического потенциала указанных методов способствовало обеспечению репрезентативности полученных результатов в рамках научных задач исследования.

Информационно-эмпирическая база исследования сформирована на основе финансовой отчетности и проектного бизнес-планирования организационного развития. Информационным фундаментом исследования являются научные работы отечественных и зарубежных ученых в рассматриваемой области, интернет-ресурсы.

Научная новизна исследования заключается в разработке и апробации алгоритма построения модифицированной S-модели логистической динамики и формирования аналитических инструментов, позволяющих получить актуальную прогнозную информацию о динамике реализации проекта развития (инвестиционного проекта) на предприятии.

Ключевые элементы полученного научного знания:

1. Обоснована эффективность применения разработанной модифицированной S-модели логистической динамики для определения рационального объёма определения рациональных объемов инвестиций, привлекаемых в развитие производственного предприятия.

В работе получили развитие теоретические разработки П.Ф. Ферхюльста, В.И. Малюка и др.

2. Разработан алгоритм количественного определения границ интервала рациональных инвестиций в организационное развитие при помощи оптимизационной модели и графического метода.
3. Сформированы методические основы определения рационального объема инвестиций, обеспечивающего максимальную отдачу, т.е. максимальную рентабельность средств, направленных в реализацию проекта развития фирмы. Предложен расчётный алгоритм.
4. Разработаны методические рекомендации по определению величины наибольших потерь, которые предприятие может понести в результате непродуманной инвестиционной политики, а так же максимальной величины дохода, который фирма получит при верно выбранной инвестиционной политике. Представлена методика расчётов.
5. Подтверждена эффективность методов и инструментов определения рациональных объёмов инвестиций, привлекаемых в развитие производственного предприятия на примере инвестиционных проектов ООО “Право Собственности Холдинг” и ПАО “Фосагро”.

Теоретическая значимость результатов исследования заключается в разработке и обосновании моделей логистической динамики, методов и инструментов, построенных на их основе, которые расширяют возможности теории производственного, финансового и стратегического менеджмента.

Практическая значимость исследования предоставляет универсальный прогнозно-аналитический инструмент руководителю и проектному менеджменту современных организаций различных форм собственности, масштабов деятельности и т.д., который обеспечит определение рациональных объёмов инвестиций в проекты организационного развития, рациональное распределение ограниченных ресурсных возможностей предприятия в разнообразные проекты его развития, эффективном их использовании.

Достоверность и апробация результатов исследования заключаются в их последовательности и соответствии базовым положениям экономической науки. Основные положения, модели и выводы диссертации получены в результате проведенного автором исследования и обоснованного применения современного методического и экономико-математического инструментария. Результаты исследования апробированы в ходе научно-практических конференций с международным участием, а также опубликованы в ведущих российских изданиях и сборниках научных трудов.

Разработанная в рамках исследования методика построения S-модели логистической динамики показала свою эффективность при проектном

прогнозировании для компаний ООО “Право Собственности Холдинг” и ПАО “Фосагро”.

Публикация результатов исследования. Публикации о результатах диссертационного исследования представлялись на международных и отечественных научно-практических конференциях, семинарах и журналах. Основное содержание диссертации представлено в 10 публикациях, в том числе 2 статьях, опубликованных в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, 3 статьях, регистрируемых в глобальном индексе цитирования SCOPUS.

Логическая структура диссертации отражает цель и задачи исследования и состоит из введения, десяти параграфов, объединённых в три главы и списка литературных источников. Диссертация изложена на 130 страницах, содержит 33 таблицы и 18 рисунков. Список литературных источников включает 85 наименований.

Введение включает обоснование актуальности разработки и применения алгоритма построения S-моделей для повышения эффективности инвестиций в развитие производственных предприятий. Определены цели, научные задачи, объект и предмет исследования. Приведены ключевые результаты проведенного исследования и научная новизна.

В первой главе анализируются теоретические подходы к моделированию процессов развития производственного предприятия. Приводится классификация экономико-математических моделей, рассматриваются особенности проектного подхода в развитии предприятия. Представлен анализ применения специализированной модели развития организации, основанный на линейном программировании (модель Коридзе). Исследованы особенности модели Ферхюльста для описания экономических процессов на предприятии, выявлен и обоснован потенциал применения S-моделей в проектном прогнозировании.

Во второй главе представлен алгоритм реализации методики определения рациональных объемов, привлекаемых в развитие организации ресурсов, построенной на базе модернизированной модели Ферхюльста. Разработан метод определения интервала рациональных инвестиций в проект развития организации, точки максимальной доходности и наибольших потерь. Изложены теоретические основы методики оценки влияния уровня развития трудового коллектива на эффективность организации.

В третьей главе подтверждена эффективность методов и инструментов определения рациональных объёмов инвестиций, привлекаемых в развитие

производственного предприятия на примере инвестиционных проектов ООО “Право Собственности Холдинг” и ПАО “Фосагро”.

Представление научного доклада: основные положения

1. Обоснована эффективность применения разработанной модифицированной S-модели логистической динамики для определения рационального объема определения рациональных объемов инвестиций, привлекаемых в развитие производственного предприятия

Определение рационального объема инвестиций в развитие предприятия сегодня проводится во многом благодаря опыту экспертов, их интуиции, располагаемого объема средств направляемых в развитие и т.д. Однако субъективизм в принятии таких решений оказывается существенным, а вероятность ошибки возрастает. Тем актуальнее становится нахождение рационального пути определения рационального объема инвестиций в развитие предприятия .

Известно, что отдача на инвестиции в развитие любой организации может быть описана с привлечением S-кривых или логистических зависимостей. Классической записью такой зависимости является модель Ферхюльста (см. формулу 1)

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

, где Y –исследуемой функции (в условиях решаемой задачи – отдача на инвестиции);

x – фактор, относительно которого исследуется поведение функции (в нашем случае – объем инвестиций в реализацию проекта);

A – расстояние между верхней и нижней асимптотами;

C – характеризует нижнюю асимптоту, т.е. нижнюю границу функции от которой начинается её исследование;

a, b – коэффициенты, определяющие наклон, изгиб и точки перегиба на графике модели.

Графическое отображение модели приведено на рис.1.

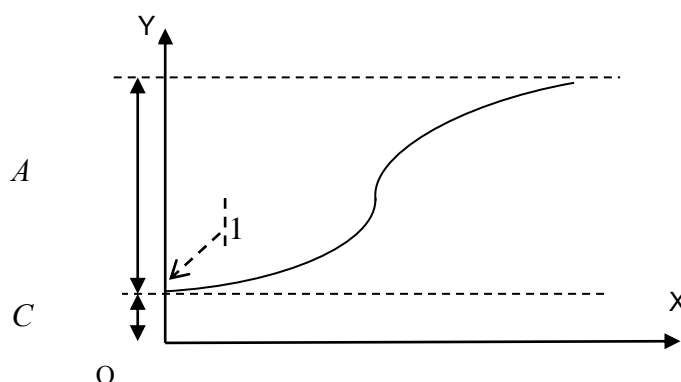


Рис.1. S-кривая. соответствующая уравнению Ферхюльста

Как следует из рис.1 начало S-кривой определяется точкой 1, что не совсем привычно для исследователя. Хотелось бы, а иногда это и необходимо, чтобы S-кривая выходила из начала координат. Для того, чтобы получить формулу логисты выходящей из начала координат нужно определить величину C из условия $Y=0$ при $x=0$. Именно параметр C определяет сдвиг кривой вдоль оси ординат (по вертикали) и может быть выбран таким образом, чтобы кривая проходила через начало координат.

Проведем необходимые преобразования функции Ферхюльста (или логисты) при значении $x=0$, тогда

$$Y = C + \frac{A}{1+10^a} = 0 \Rightarrow C = -\frac{A}{1+10^a}. \quad (2)$$

Подстановка параметра C в формулу Ферхюльста приведет функцию к следующему виду (2). Назовем её модифицированной моделью логистической динамики.

$$Y = -\frac{A}{1+10^a} + \frac{A}{1+10^{a-bx}} = \frac{A \cdot 10^a}{1+10^a} \left(\frac{1-10^{-bx}}{1+10^{a-bx}} \right) \quad (3)$$

В исследованиях реального процесса отдачи на инвестиции необходимо осуществить расчёт параметров, входящих в модель Ферхюльста, а именно A , C , a и b . Подход к расчёту будет предложен в следующем параграфе исследования. Таким образом, выражение (3) определяет модифицированную модель логистической динамики, которая отражает зависимость возврата капитала от объема инвестиций в проектах развития промышленных предприятий.

В процессе создания модели определены ключевые параметры, отражающие процесс реализации инвестиционного проекта на производственном предприятии (см. таблицу 1)

Таблица 1 Ключевые параметры, отражающие процесс реализации инвестиционного проекта на производственном предприятии

№ п.п.	Наименование параметра модели	Обозначение	Ед. изм.	Описание
1	Коэффициент масштаба	A	-	Фиксирует максимальное значение отдачи от инвестиций
2	Коэффициент формы	a	-	Определяет фиксированную (базовую) динамику отдачи от инвестиций относительно их исходного объема
3	Коэффициент формы	b	-	Задаёт добавочную переменную величину динамики отдачи от инвестиций относительно их исходного объема, зависящую от последнего
4	Минимальный объем	X_{efmin}	руб.	Минимальный ненулевой объем инвестиций, при

	рациональных инвестиций			котором обеспечивается неотрицательное значение разности отдачи от инвестиций и их исходного объема
5	Максимальный объем рациональных инвестиций	X_{efmax}	руб.	Максимальный объем инвестиций, при котором обеспечивается неотрицательное значение разности отдачи от инвестиций и их исходного объема
6	Объем инвестиций при наиболее эффективном вложении	x_{max+} , I_{opt}	руб.	Объем инвестиций, при котором обеспечивается наибольшее значение разности отдачи от инвестиций и их исходного объема
7	Объем инвестиций при наименее эффективном вложении	x_{max-}	руб.	Объем инвестиций, при котором обеспечивается наименьшее значение разности отдачи от инвестиций и их исходного объема
8	Максимальный доход от инвестиционных вложений	Δ^{max+}	руб.	Наибольшее значение разности отдачи от инвестиций и их исходного объема величиной x^{max+}
9	Наибольшие потери от инвестиционных вложений	Δ^{max-}	руб.	Разность отдачи от инвестиций и их исходного объема величиной x^{max-}

Если на S-кривую наложить прямую линию, проведенную под углом в 45° из начала координат, то определяются несколько интересных точек, образованных пересечением предложенных линий. Безусловно, в информационном плане наиболее интересны (.)1 и (.)2 (рис. 2). Эти точки характеризуют равенство объемов инвестированных в развитие фирмы средств и их возврата в результате хозяйственной деятельности.

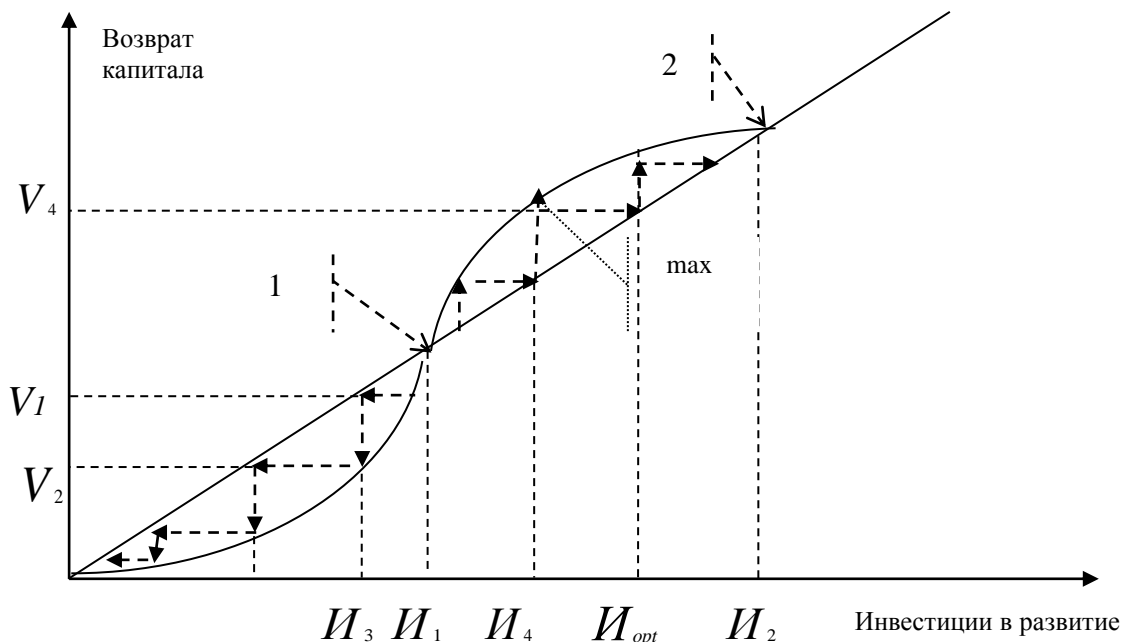


Рис. 2 S-модель возможных вариантов развития объекта управления

В общем виде алгоритм определения рациональных объемов

ресурсов, привлекаемых в инвестиционный проект, выглядит следующим образом:

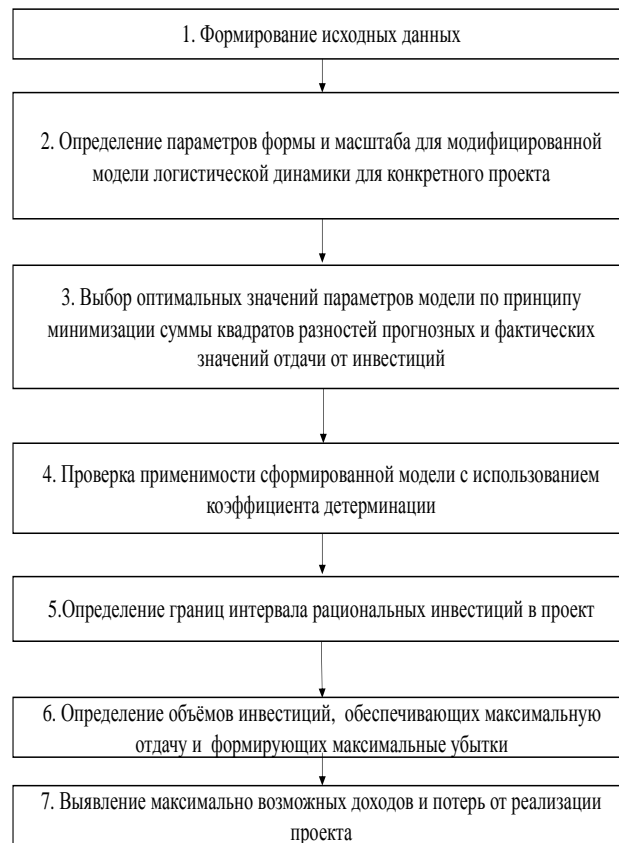


Рис. 3 Блок-схема алгоритма определения рациональных объемов ресурсов, привлекаемых в инвестиционный проект

2 Разработан алгоритм определения границ интервала рациональных инвестиций в развитие основных факторов производственной системы при помощи оптимизационной модели и графического метода.

Определение значений X_{efmin} и X_{efmax} (см. рис. 2) предполагает использование средств оптимизационного моделирования, а именно решения уравнения

$$Y(x) = \frac{A * 10^a}{1 + 10^a} * \frac{1 - 10^{-bx}}{1 + 10^{a-bx}} \quad (4)$$

, однако модель носит трансцендентный характер и классическое аналитическое решение получить крайне затруднительно. Однако, параметры X_{efmin} и X_{efmax} возможно определить посредством решения оптимизационной модели, в обобщенном выражении имеющий следующий вид:

$$\left\{ \left(\frac{A \cdot 10^a}{1 + 10^a} * \frac{1 - 10^{-b \cdot x_{ef}^{\min(\max)}}}{1 + 10^{a - b \cdot x_{ef}^{\min(\max)}}} - x_{ef}^{\min(\max)} \right)^2 \rightarrow \min(\max) \right. \quad (5)$$

$$\left. x_{ef}^{\min(\max)} \geq 0 \right.$$

При этом, для вычисления оптимизационной модели важно обосновать начальные значения расчётных параметров. Они должны удовлетворять следующему условию

$$\left| x_{ef}^{\min(\max)} - x_{ef0}^{\min(\max)} \right| \leq \xi, \quad (6)$$

где $x_{ef}^{\min(\max)}$ – расчётные характеристики оптимизационной модели (4);

ξ - некоторая абсолютная величина максимально допустимого отклонения между начальным и расчётным значением параметра.

Отметим, что для нахождения $X_{ef\min 0}$ и $X_{ef\max 0}$ оптимально использовать графическое описание модели, предложенное в первом пункте (рис. 2,3).

3 Предложен подход к определению объема инвестиций, обеспечивающих максимальную отдачу, т.е. максимальную рентабельность средств, направленных в реализацию проекта развития фирмы. Предложен расчётный алгоритм.

Задача определения объема инвестиций в проект, дающих максимальную отдачу на теоретическом уровне может быть решена следующим образом.

Необходимо определить абсциссу I_{opt} , при которой может быть получена максимальная величина соотношения $\frac{\Delta}{I_{opt}}$. Δ меняется в интервале

от I_1 до I_2 (оба эти значения дают нулевые величины Δ). Максимум, видимо, соответствует отрезку CD, определенному точкой касания прямой M_1-M_1 с S-кривой, параллельной прямой, проведенной под 45° из начала координат. Точка касания определится, как первая производная уравнения S-кривой на участке ACB приравненная к 1 (см. рис.4).

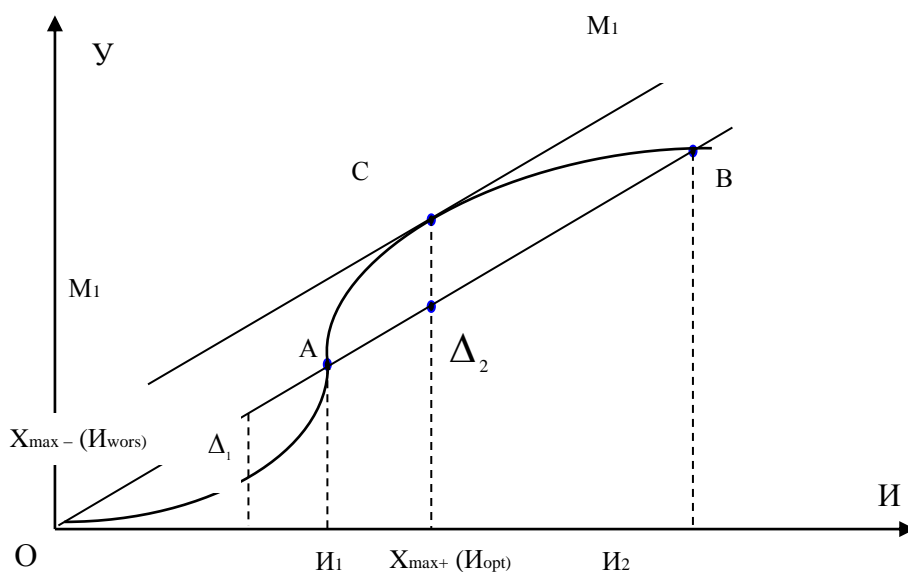


Рис. 4 Схема определения наиболее эффективного объема инвестиций в проект и максимально возможных потерь при недофинансировании проекта

Для нахождения значений $x_{\max+} (И_{opt})$ и $x_{\max-} (И_{wors})$ (см. рис. 4) также как и на 5-ом этапе методики воспользуемся оптимизационной моделью, в обобщённом выражении имеющая вид

$$\left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{A \cdot 10^a}{1 + 10^a} * \frac{1 - 10^{-b \cdot I_{opt(wors)}}}{1 + 10^{a - b \cdot x_{\min(\max)}^{ef}}} - I_{opt(wors)} \right)^2 \rightarrow \max(\min); \\ I_{opt(wors)} \geq 0 \end{array} \right. \quad (7)$$

Для решения данной задачи важно задать исходное значение I_{opt0} и I_{wors0} на основе графика, общий вид которого предложен на рис. 4. Также определяющее важно исполнения условия (5).

4. Разработан подходу к определению величины наибольших потерь, которые предприятие может понести в результате непродуманной инвестиционной политики, а так же максимальной величины дохода, который фирма получит при верно выбранной инвестиционной политике. Представлена методика расчётов.

Задача, связанная с получением ответа на вопрос о максимальном объеме потенциально возможных потерь при недофинансировании реализации

проекта, а так же на какую максимальную величину дохода может рассчитывать фирма, при верно выбранной инвестиционной политике. Решается эта задача ниже следующим образом.

Необходимо определить величины Δ_1 и Δ_2 , дающих максимальную разницу между значениями функций f_1 (уравнение логисты) и f_2 (уравнение прямой, проведенной из начала координат под углом в 45° к осям) на отрезках OA и AB рисунка 4. Математическая постановка и решение этой задачи выглядит так:

$$f_1(x) = C + \frac{A}{1 + 10^{a-bx}}$$

$$f_2(x) = x$$

$$\Delta(x) = f_1(x) - f_2(x).$$

Максимум величины $\Delta(x)$ может быть найден из условия равенства нулю первой производной функции (необходимое условие экстремума). Тогда

$$\frac{d}{dx} \Delta(x) = \frac{d}{dx} (C + A(1 + 10^{a-bx})^{-1}) - 1 = 0$$

Вычислим первую производную полученного выражения:

$$\frac{d}{dx} \Delta(x) = \frac{d}{dx} (C + A(1 + 10^{a-bx})^{-1}) = -A(1 + 10^{a-bx})^{-2} \cdot 10^{a-bx} \cdot \ln 10 \cdot (-b) = \frac{A \cdot b \cdot \ln 10 \cdot 10^{a-bx}}{(1 + 10^{a-bx})^2}$$

В результате дифференцирования получаем уравнение для вычисления:

$$\frac{A \cdot b \cdot \ln 10 \cdot 10^{a-bx}}{(1 + 10^{a-bx})^2} = 1$$

Если принять $t = 10^{a-bx}$ а $B = A \cdot b \cdot \ln 10$, то выражение примет вид $(1 + t)^2 = Bt$

Последнее уравнение является квадратным относительно t , т.е. $1 + 2t + t^2 - Bt = 0$ или

$$1 + 2t + t^2 - Bt = 0 \quad \text{или} \quad t^2 - (B - 2)t + 1 = 0.$$

Обратная подстановка приведет к следующему выражению

$$t^2 - (A \cdot b \cdot \ln 10 - 2)t + 1 = 0,$$

решения которого находятся по стандартной формуле

$$t_{1,2} = \frac{(A \cdot b \cdot \ln 10 - 2) \pm \sqrt{(A \cdot b \cdot \ln 10)^2 - 4A \cdot b \cdot \ln 10}}{2}$$

Обратной подстановкой величины t получим выражение

$$10^{a-bx} = \frac{(A \cdot b \cdot \ln 10 - 2) \pm \sqrt{(A \cdot b \cdot \ln 10)^2 - 4A \cdot b \cdot \ln 10}}{2}$$

из которого находим

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

или

$$x_1 = a - \frac{1}{b} \lg\left(\frac{(A \cdot b \cdot \ln 10 - 2) + \sqrt{(A \cdot b \cdot \ln 10)^2 - 4A \cdot b \cdot \ln 10}}{2}\right) \quad (8)$$

$$x_2 = a - \frac{1}{b} \lg\left(\frac{(A \cdot b \cdot \ln 10 - 2) - \sqrt{(A \cdot b \cdot \ln 10)^2 - 4A \cdot b \cdot \ln 10}}{2}\right) \quad (9)$$

С учетом геометрии кривой $Y = C + \frac{A}{1 + 10^{a-bx}}$ можно утверждать, что

первое из найденных значений соответствует минимальному (отрицательному, расположенному левее точки I_1) значению Δ_1 , второе дает абсциссу искомой точки максимума Δ_2 , т.е. *Иopt.* (рис. 4)

5. Подтверждена эффективность методов и инструментов определения рациональных объёмов инвестиций, привлекаемых в развитие производственного предприятия на примере инвестиционных проектов ООО “Право Собственности Холдинг” и ПАО “Фосагро”.

В данной части исследования реализована методика определения рациональных объемов ресурсов, привлекаемых в инвестиционный проект, основанная на S-моделировании, теоретические положения которой представлены в пунктах 1-4.

Базовый вид модели логистической динамики для реализации конкретного инвестиционного проекта имеет вид

$$\begin{cases} Y = \frac{A \cdot 10^a}{1 + 10^a} \left(\frac{1 - 10^{-bx}}{1 + 10^{a-bx}} \right) \\ Y = x \end{cases} \quad (10)$$

Расчеты проведены на данных о реально осуществленном строительном проекте. Проект предполагал строительство коттеджного поселка в Ленинградской области с последующей сдачей домов в долгосрочную аренду. Такой проект называют Timeshare – проектом, сама услуга называется Timesharing (по аналогии с Carsharing, сдачей в аренду автомобилей). Срок аренды ограничен 30 годами. Финансовые цели проекта ориентированы на получение через один год до 90%, при этом выручка должна составить не менее 300 млн. рублей. Единица продукта характеризуется неделей сдачи дома в аренду. Часть информации,

содержащейся в бизнес-плане проекта, а также результаты расчетов в программной среде Excel представлена в таблицах 2, 3, 4 и 5.

Таблица 2 - Базовые исходные данные

Наименование элемента исходных данных (ед. изм.)	Значение
Масштабный коэффициент преобразованиям M	1000000
Погрешность вычисления для номера $i=1$ варианта проекта l	0,00001

Таблица 3 – Статистические исходные данные

Порядковый номер квартала реализации проекта i	Исходные значения (руб.)		Преобразованные значения (млн. руб.)		Прогнозные значения (млн. руб.)
	объем инвестиций x_i	отдача от инвестиций y_i	объем инвестиций $x'_i = x_i/M$	отдача от инвестиций $y'_i = y_i/M$	$\hat{y}_i = \frac{A \cdot 10^a}{1 + 10^a} \cdot \frac{1 - 10^{-b \cdot x_i}}{1 + 10^{a-b \cdot x_i}}$
1	0	0	0,00001	0,00001	$1,39265 \cdot 10^{-7}$
2	16551294,93	290614,42	16,55	0,290614424	0,290508876
3	33102589,87	744464,88	33,10	0,744464883	0,744211552
4	49653884,8	1452683,24	49,65	1,452683239	1,452225993
5	73756367,24	3246953,69	73,76	3,246953694	3,246066016
6	117945427,4	11703228,32	117,94	11,70322832	11,70103207
7	157566995,2	33626303,71	157,57	3,62630371	33,62274154
8	181803390,2	61529680,85	181,80	61,52968085	61,52607789
9	198258535,2	90351376,74	198,26	90,35137674	90,34862959
10	223525837,7	153629268,7	223,52	153,6292687	153,6294387
11	247893140,3	234110086,7	247,89	234,1100867	234,113029
12	261472942,8	282891486,3	261,47	282,8914863	282,8944109
13	274602745,3	329059650,2	274,60	329,0596502	329,0607583
14	287282547,8	370198836	287,28	370,198836	370,1964474
15	299512350,4	405064688,8	299,51	405,0646888	405,0576395
16	301179652,9	409401644,3	301,18	409,4016443	409,3938905
17	302846955,4	413635183,1	302,85	413,6351831	413,6267127
18	304514257,9	417764819,5	304,51	417,7648195	417,755622
19	306181560,5	421790297	306,18	421,790297	421,7803634
20	307848863	425711577,8	307,85	425,7115778	425,7009003
21	309516165,5	429528831,6	309,52	429,5288316	429,5174042
22	311183468	433242425,1	311,19	433,2424251	433,2302429
23	312850770,6	436852909,5	312,85	436,8529095	436,839969
24	314518073,1	440361009,2	314,52	440,3610092	440,3473085
25	316185375,6	443767610,1	316,18	443,7676101	443,7531482

26	320000000	-	320		451,1694228
27	340000000		340		482,1522765
28	360000000		360		502,2412113
29	380000000		380		514,7334109
30	400000000		400		522,3007528
31	420000000		420		526,8122442
32	440000000		440		529,4763625
33	460000000		460		531,0407176
34	480000000		480		531,9562547
35	500000000		500		532,4910315
36	520000000		520		532,8030468
37	540000000		540		532,9849714
38	560000000		560		533,0910039
39	580000000		580		533,1527898
40	600000000		600		533,1887881
миним.	-	-	0,00001	0,00001	
максим.	-	-	316,1853756	443,7676101	

Таблица 4 – Расчетные характеристики

Наименование расчетной характеристики (ед. изм.)	Значение
Сумма квадратов разностей прогнозных и фактических значений отдачи от инвестиций $S_i(y'_i - y_i)^2$	0,00138543
Коэффициент детерминации R_2	0,999999998

Таблица 5 - Оптимизируемые характеристики

Наименование оптимизируемой характеристики		Начальное значение v_0	Оптимальное значение v	Прогнозное значение отдачи от инвестиций y_v	Разность отдачи инвестиций и их объема $y_v - v$	Квадрат разности отдачи инвестиций и их объема $(y_v - v)^2$
Коэффициенты аппроксимации	коэффициент масштаба A	10112,58609	5,34E+02	-	-	-
	коэффициент формы a	1,327113715	3,014284	-	-	-
	коэффициент формы b	0,001	0,011734	-	-	-
Объем	X_{efmax}	530	532,884933	532,90986	-	3,15592E-

рациональных инвестиций (млн.руб.)				9		14
	X_{efmin}	261	281,209052	282,63103 1	-	2,022024
Наиболее выгодный объем инвестиционных вложений X_{max+} (млн. руб.)		375	349,885338	493,22938 3	143,3440 45	-
Наименее выгодный объем инвестиционных вложений X_{max-} (млн. руб.)		125	163,87768	39,493716	- 124,38396	-

Последовательно разберём методику определения рациональных объёмов ресурсов, привлекаемых в инвестиционный timeshare -проект.

Первый этап связан со подготовкой необходимой аналитической информации, которая взята из бизнес-плана реализации проекта. Результатом этапа являются данные, представленные в табл. 2

На втором этапе производим расчёт начальных значений коэффициентов A , a и b . Примем $b = 0,001$. Коэффициенты A_0 и a_0 рассчитаем по вышеописанным формулам в программном продукте Microsoft Excel.

$$a^0 = \lg \left[\frac{\frac{Y_{max} * 10^{-b * x_{min} - 1} - 1}{Y_{min} * 10^{-b * x_{max} - 1} - 1}}{10^{-b * x_{min}} - 10^{-b * x_{max}} * \frac{Y_{max} * 10^{-b * x_{min} - 1}}{Y_{min} * 10^{-b * x_{max} - 1}}} \right] = 1,32711; \quad (11)$$

$$A^0 = Y_{max} * \frac{1 + 10^a}{10^a} * \frac{1 + 10^{a - b * x_{max}}}{1 - 10^{-b * x_{max}}} = 10112,58609. \quad (12)$$

На третьем этапе происходит оптимизация параметров модели по принципу минимизации суммы квадратов разностей прогнозных и фактических значений отдачи от инвестиций.

Для этого произведем расчёт прогнозных значений модели по формуле

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

Результаты представлены в таблице 3.

Далее рассчитаем сумму квадратов разностей прогнозных и фактических значений переменных $S_i(y_i - \hat{y}_i)^2 = 0,00138543$. (таблица 4)

На четвертом этапе производим расчёт коэффициента детерминации.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m (\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^m \left(y_i - \frac{\sum_{i=1}^m y_i}{m} \right)^2} = 0,99 \quad (13)$$

Расчёт также выполнен в Microsoft Excel. Данное значение говорит о высокой сходимости эмпирических и расчётных данных модели, то есть о высоком качестве прогнозной модели.

После того как мы удостоверились в точности прогнозных данных отразим их на рисунке 5

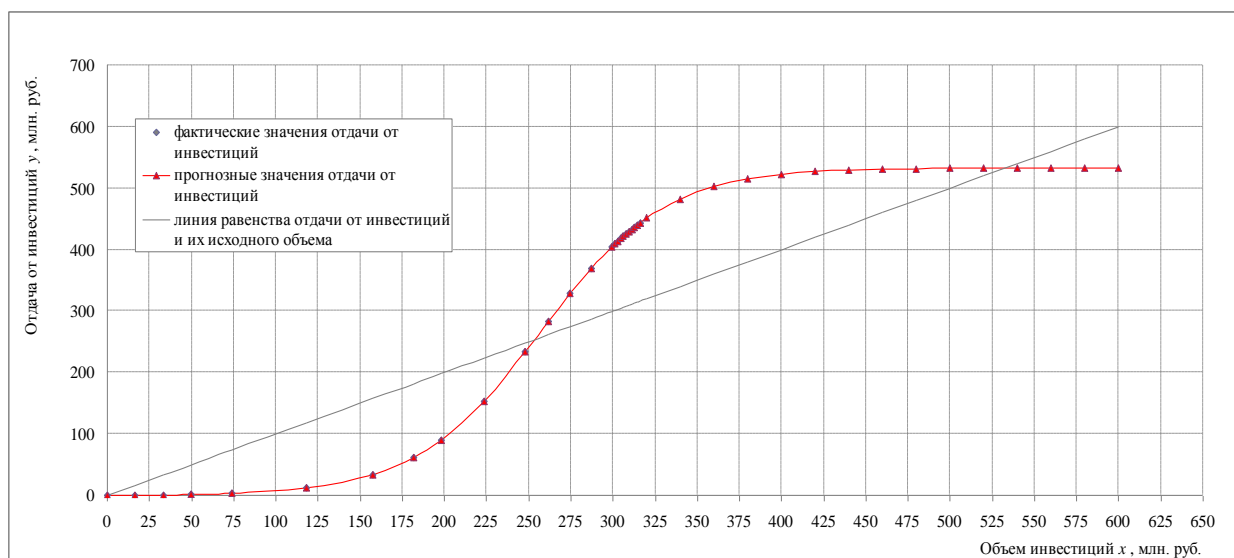


Рис 5. Построение эмпирической и теоретической S-моделей по данным табл. 2

На пятом этапе определим границы интервала рациональных инвестиций в проект. Для этого наложение на полученные модели прямой линии проведенной из начала координат под 45°. Результат построения показан на рис.5. Графическое построение дает первую точку окупаемости в районе 261-262 млн. руб.

Отчетная информация о величине условно-постоянных и переменных затратах, связанных с реализацией проекта Timeshare оказалась следующей: $Z_{пост} = 562116,49 \text{ млн.руб.}$, $Z_{пер} = 254433,21 \text{ руб.}$, цена единицы проданного товара, дома-недели, соответствует $C = 655100 \text{ руб.}$ Подстановка в классическую формулу расчета точки окупаемости численных значений соответствующих величин в рамках реализованного бизнес-плана дала следующие результаты

$$N_{BEPI} = \frac{Z_{ном}}{Ц - Z_{пер}} = \frac{562116,49}{655100 - 254433,21} = 399,5 \cong 400 (\text{неделя-домов})$$

Это количество сданных в аренду недель-домов соответствует инвестициям в размере

$$I_1 = Ц \cdot N_{BEPI} = 655100 \cdot 400 = 261712450 (\text{руб.}),$$

Как видим, практически имеет место совпадение графически построенной первой точки окупаемости и её расчетной величины.

Вторая точка окупаемости носит прогнозный характер и в результате графического построения (см. рис. 3) оказалась лежащей в районе 530 млн.руб., т.е. инвестиции в проект более $I_2 = 530$ (млн.руб.) окажутся неэффективными. Эта точка безубыточности замыкает интервал рациональных объемов инвестирования, а её возникновение в некоторых источниках объясняется потерей управляемости проектом при наращивании его объемов, катастрофическим ростом накладных расходов при реализации проекта в связи с ростом его масштабов и т.п.

Далее согласно методике проведем вычисления по формуле

$$Y(x) = \frac{A \cdot 10^a}{1 + 10^a} * \frac{1 - 10^{-bx}}{1 + 10^{a-bx}} \quad \text{с учётом условий}$$

$$\left[\left(\frac{A \cdot 10^a}{1 + 10^a} * \frac{1 - 10^{-b \cdot x_{ef}^{\min(\max)}}}{1 + 10^{a - b \cdot x_{ef}^{\min(\max)}}} - x_{ef}^{\min(\max)} \right)^2 \rightarrow \min(\max) \right. \\ \left. x_{ef}^{\min(\max)} \geq 0 \right]$$

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 таблице 4.

Таким образом, определился интервал рационального инвестирования проекта $I_1 - I_2$ (рис.3.1).

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. 5) В нашем случае это $x_{\max+}(I_{opt})=375$ (млн. руб) и $x_{\max-}(I_{wors}) = 125$ (млн. руб.) соответственно.

Далее подставим начальные значения в оптимизационную модель описанную в пункте 2.

Вычисления в программном продукте Microsoft Excel дали следующие результаты $x_{\max+}(I_{\text{opt}}) = 493,21$ (млн. руб) и $x_{\max-}(I_{\text{wors}}) = 39,49$ (млн. руб.)

На седьмом, заключительном, этапе методики определим уровни максимально возможных доходов и потерь от реализации проекта. Для этого мы можем провести вычисления как по формулам, описанным в пункте 2:

$$x_1 = a - \frac{1}{b} \lg \left(\frac{(A \cdot b \cdot \ln 10 - 2) + \sqrt{(A \cdot b \cdot \ln 10)^2 - 4A \cdot b \cdot \ln 10}}{2} \right) \quad (14)$$

$$x_2 = a - \frac{1}{b} \lg \left(\frac{(A \cdot b \cdot \ln 10 - 2) - \sqrt{(A \cdot b \cdot \ln 10)^2 - 4A \cdot b \cdot \ln 10}}{2} \right) \quad (15)$$

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

$$\Delta^{\max+} = y_{\sim\nu} = 143,34 \text{ (млн. руб.)}$$

$$\Delta^{\max-} = y_{\sim\nu} = -124,38 \text{ (млн. руб.) см. таб. 6.}$$

Помимо проекта “Old Mill Village”, который скорее можно отнести к сфере услуг, модифицированная модель логистической динамики может быть реализована и на инвестиционных программах на промышленных предприятиях. Так, для апробации модели были использованы данные интегрированной отчетности ГК “Фосагро” за 2018-й год.

Так, 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”

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.

Таблица 6. – Расчётные характеристики

Масштабный коэффициент преобразованиям M	1000000
Погрешность значений переменных в нулевой точке Δ	0,00001
Сумма квадратов разностей прогнозных и фактических значений переменных $\sum_i (y^*_i - y_{-i})^2$	707851,6878
Коэффициент детерминации R^2	0,929747112

Таблица 7 - Исходные данные

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 $y_{-i} = \frac{A \cdot 10^a \cdot (1 - 10^{-b \cdot x_i})}{(1 + 10^a) \cdot (1 + 10^{a-b \cdot x_i})}$
0	0,00	0	0,00001	0,00001	2,5E-06
1	10 000 000,00	14 400 000,00	10	14,4	2,569997952
2	25 000 000,00	36 000 000,00	25	36	6,699227717
3	40 000 000,00	57 600 000,00	40	57,6	11,18113979
4	50 000 000,00	72 000 000,00	50	72	14,37888882
5	70 000 000,00	103 200 000,00	70	103,2	21,3179403
6	100 000 000,00	150 000 000,00	100	150	33,22989042
7	130 000 000,00	196 800 000,00	130	196,8	47,19916985
8	150 000 000,00	228 000 000,00	150	228	57,80962468
9	190 000 000,00	289 200 000,00	190	289,2	82,60713569
10	250 000 000,00	381 000 000,00	250	381	130,4557647
11	310 000 000,00	472 800 000,00	310	472,8	194,0513715
12	350 000 000,00	534 000 000,00	350	534	246,8637972
13	410 000 000,00	620 400 000,00	410	620,4	343,8560756
14	500 000 000,00	750 000 000,00	500	750	531,9735382
15	590 000 000,00	879 600 000,00	590	879,6	765,8032527
16	650 000 000,00	966 000 000,00	650	966	937,1254158
17	720 000 000,00	1 068 900 000,00	720	1068,9	1138,157198
18	825 000 000,00	1 223 250 000,00	825	1223,25	1410,559493
19	930 000 000,00	1 377 600 000,00	930	1377,6	1620,04673
20	1 000 000 000,00	1 480 500 000,00	1000	1480,5	1721,626063
21	1 066 489 000,00	1 578 255 000,00	1066,489	1578,255	1793,506817
22	1 166 224 000,00	1 724 887 500,00	1166,224	1724,8875	1866,358503
23	1 265 958 000,00	1 871 520 000,00	1265,958	1871,52	1909,988601
24	1 332 448 000,00	1 969 275 000,00	1332,448	1969,275	1928,460405
миним.			0,00001	0,00001	
максим.			1332,448	1969,275	

Таблица 4 Оптимизируемые характеристики

Наименование коэффициента аппроксимации	начальное значение	оптимальное значение v_0	Прогнозное значение отдачи от инвестиций y_v	Разность отдачи инвестиций и их объема $y_v - v$	Квадрат разности отдачи инвестиций и их объема $(y_v - v)^2$	
коэффициент масштаба A	2013,683814	2013,683814	-	-	-	
коэффициент смещения a	1,646837	1,646837	-	-	-	
коэффициент формы b	0,010000	0,002500	-	-	-	
Объем рациональных инвестиций (млн.руб.)	X_{efmax}	1332,440000	1928,458564	1967,927926	-	1557,830566
	X_{efmin}	650,120000	937,472950	1632,290449	-	482771,357294
Наиболее выгодный объем инвестиционных вложений X_{tmax+} (млн.руб.)	1000,000000	1721,626063	1964,851071	243,225008	-	
Наименее выгодный объем инвестиционных вложений X_{tmax-} (млн.руб.)	10,000000	2,569998	0,647063	-1,922935	-	

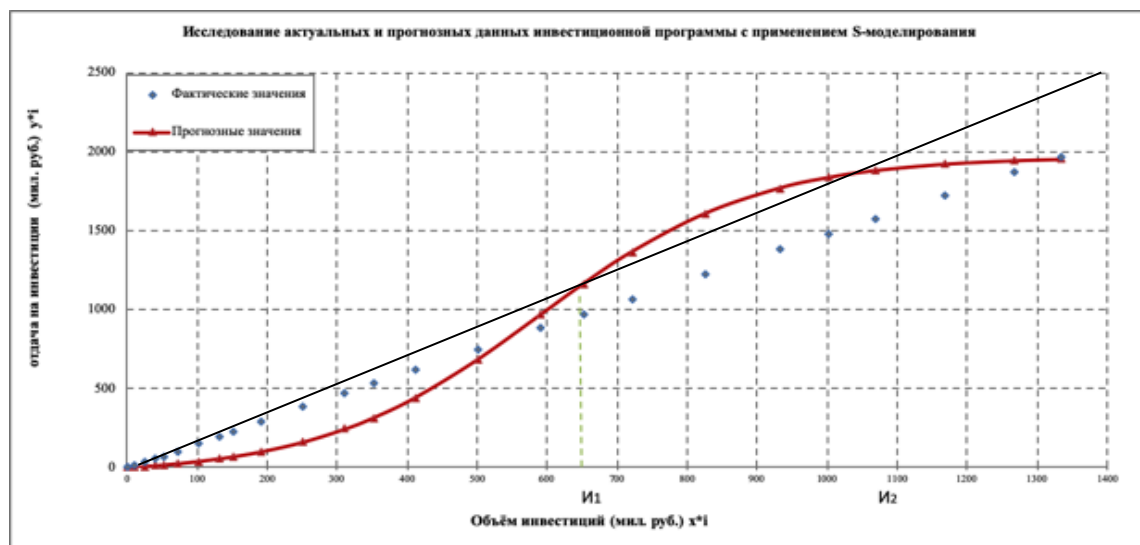


Рис. 7 Прогнозные и фактические данные S-моделирования инвестиционной деятельности Фосагро по программе “Стратегия 2020”

Таким образом, на данном этапе исследования удалось на практическом примере апробировать модель логистической динамики. Расчётные данные показали высокую степень сходимости с эмпирическими (рис. 5 и рис. 6), что говорит о практической значимости разработанных инструментов моделирования.

Заключение

В процессе исследования были получены следующие результаты:

1. Обоснована эффективность применения разработанной модифицированной S-модели логистической динамики для определения рационального объёма инвестиций, привлекаемых в развитие производственного предприятия.
2. Разработан алгоритм количественного определения границ интервала рациональных инвестиций в организационное развитие на основе применения модели логистической динамики.
3. Сформирован метод к определению величины объёма инвестиций, обеспечивающих максимальную отдачу, т.е. максимальную рентабельность средств, направленных в реализацию проектов развития производственного предприятия.
4. Разработан метод определения величины наибольших потерь, которые предприятие может понести в результате нерациональной инвестиционной политики, а так же максимальной величины дохода, который фирма получит при верно выбранной инвестиционной политике. Представлена методика расчётов.
5. Подтверждена эффективность методов и инструментов определения рациональных объёмов инвестиций, привлекаемых в развитие производственного предприятия на примере инвестиционных проектов ООО “Право Собственности Холдинг” и ПАО “Фосагро”.

Список работ, опубликованных по теме научно-квалификационной работы (диссертации)

Публикации в изданиях, рецензируемых ВАК

1. В. И. Малюк, Г. Ю. Силкина, А. Е. Радаев, А. А. Данилов, Исследование процессов развития промышленного предприятия на основе моделей логистической динамики, ВЕСТНИК СПГУТД 4’2018 С. 10–17
2. В. И. Малюк, А. А. Данилов, Учёт качества трудовых ресурсов при моделировании процессов организационного развития, ВЕСТНИК СПГУТД 1’2019 С. 3–8

Публикации в других изданиях

3. MATEC Web of Conferences Vol. 170 (2018) 01090 "Modeling of the investment project of construction the cottage settlement» V.Malyuk , A. Danilov
4. V.Malyuk, A. Danilov "The Application of Logistic Dynamics Models in the Organizational Development Processes Analysis", International Business Information Management Conference (33rd IBIMA) Granada, Spain 10-11 April, 2019
5. E3S Web of Conferences Vol. 110 (2019) 02029 "Modeling the implementation of investment projects with energy-saving orientation» V.Malyuk , A. Danilov <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911002029>
6. Данилов А.А., Малюк В.И. Аспекты повышения эффективности инвестиций в развитие организаций // Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием 14-19 ноября 2016 года. Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, часть 1, - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016 – 410 с.
7. Данилов А.А. Образование коллектива как направление эффективного инвестирования в организационное развитие предприятия в рамках концепции системы сбалансированных показателей // Неделя науки СПбПУ. Материалы научной конференции с международным участием ... 2017 года. Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, часть ..., - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017 – 71 с.
8. Данилов А.А., Малюк В.И., Теоретические и практические основы S-моделирования проекта развития производственной системы // АУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ, ЭКОНОМИКИ И ТОРГОВЛИ Санкт-Петербург, 05-07 июня 2018 г. -168 стр ???
9. 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. – 534 с.
10. Данилов А.А., подходы к экономическому обоснованию процессов цифровизации на предприятии с использованием S-моделей // Цифровая экономика и Индустрия 4.0: тенденции 2025 : сборник трудов научно-практической конференции с международным участием, 3 – 5 апреля 2019 г. / под ред. д-ра экон. наук, проф. А. В. Бабкина. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. – 731 с.

Аспирант _____ Данилов А.А.