

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет Математики и информатики
Кафедра Математического анализа и моделирования
Направление подготовки 01.03.02 – Прикладная математика и информатика
Профиль: Математическое и информационное обеспечение экономической деятельности

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Зав. кафедрой
_____ Т.В. Труфанова
« _____ » _____ 2016 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Модель динамики промышленного предприятия с участием внешних инвестиций

Исполнитель
студент группы 252

(подпись, дата)

М.А. Бянкин

Руководитель
доцент, канд.техн.наук

(подпись, дата)

Т.В. Труфанова

Нормоконтроль
доцент, канд. техн. наук

(подпись, дата)

А.В. Рыженко

Благовещенск 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет Математики и информатики
Кафедра Математического анализа и моделирования

УТВЕРЖДАЮ
Зав. каф. Т.В. Труфанова

« _____ » _____ 2016 г.

З А Д А Н И Е

К выпускной квалификационной работе студента
Бянкина Максима Андреевича

1. Тема выпускной квалификационной работы: Модель динамики промышленного предприятия с участием внешних инвестиций.

(утверждено приказом от 3.06.2016 № 1215 - уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы: 14.06.2016 г.

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: специализированная учебная и научная литература по теме исследования, отчет по преддипломной практике.

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов): теоретические основы инвестиций, математическая модель прогнозирования стоимости основных производственных средств, метод Рунге-Кутты, компьютерное моделирование.

5. Перечень материалов приложения: листинг вычислительной программы.

6. Нормоконтроль: доцент, канд. техн. наук А.В. Рыженко.

7. Дата выдачи задания 25.04.2016 г.

Руководитель выпускной квалификационной работы: Труфанова Татьяна Вениаминовна, К.Т.Н., доцент.

Задание принял к исполнению (25.04.2016 г.): _____
(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 37 с., 13 источников, 7 рисунков, 1 таблицу.

МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ, ОСНОВНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФОНДЫ, ЗАДАЧА КОШИ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ

В работе представлены теоретические основы дифференциальных динамических моделей. Изложены сведения об истории экономико-математического моделирования. Описаны численные методы для решения задач Коши. Приведено аналитическое решение уравнения прироста основных производственных фондов.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1 Математические модели в экономике	7
1.1 История экономико-математического моделирования	7
1.2 Теоретические подходы к пониманию инвестиций и их экономической значимости	8
1.3 Модели динамики предприятий при различных условиях финансирования	12
1.3.1 Модель промышленного предприятия, привлекающего единовременный кредитный ресурс	14
1.3.2 Модель предприятия с использованием финансовых инструментов и комбинированных схем финансирования	15
1.4 Численные методы математического моделирования для решения задач Коши	16
1.4.1 Метод Эйлера	16
1.4.2 Метод Рунге-Кутты 4-ого порядка	17
1.4.3 Интерполяционный метод Адамса	17
2 Модель динамики предприятия с участием внешних инвестиций	20
2.1 Постановка задачи моделирования	20
2.2 Аналитическое решение уравнения прироста основных производственных фондов	22
3 Моделирование динамики предприятия с участием внешних инвестиций на примере ОАО «Комбинат «КМАруда»	25
3.1 Программное приложение	25
3.2 Вычислительный эксперимент	26
Заключение	31
Библиографический список	32
Приложение А	34

ВВЕДЕНИЕ

Динамические модели экономики – модели, описывающие экономику в развитии (в отличие от статических, характеризующих ее состояние в определенный момент). Модель является динамической, если, как минимум, одна ее переменная относится к периоду времени, отличному от времени, к которому отнесены другие переменные [1].

В общем случае динамические модели экономики сводятся к описанию следующих экономических явлений: начального состояния экономики, технологических способов производства (каждый “способ” предполагает, что из набора ресурсов x можно в течение единицы времени сделать набор продуктов y), а также критерия оптимальности.

Для математического описания динамических моделей экономики используют системы дифференциальных уравнений (в моделях с непрерывным временем), разностных уравнений (в моделях с дискретным временем) и систем алгебраических уравнений.

Используя динамические модели, решаются следующие задачи планирования и прогнозирования экономических процессов такие, как определение траектории экономической системы, ее состояний в определенные моменты времени, анализ системы на устойчивость, анализ структурных сдвигов.

С точки зрения теоретического анализа большое значение приобрела динамическая модель фон Неймана. Практическое применение динамических моделей экономики находится еще в начальной стадии: расчеты для модели близкой к реальности очень сложны, однако развитие в этом направлении продолжается. Применяют многоотраслевые динамические модели развития экономики, к которым относятся динамические модели межотраслевого баланса, а также производственная функция, теория экономического роста.

Объектом исследования в работе является модель динамики промышленного предприятия, предметом – методы и алгоритмы реализации данной модели.

Целью данной работы является изучение экономико-математических моделей, основанных на решении обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих различные способы инвестиций в бизнесе.

В бакалаврской работе рассматриваются линейные модели динамики промышленного предприятия с участием внешних инвестиций. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи. В первой главе рассмотрены теоретические подходы к пониманию инвестиций и их экономической значимости. Во второй главе сформулирована постановка задачи моделирования и проведено аналитическое исследование динамической модели предприятия с участием внешних инвестиций. В третьей главе показано программное приложение для реализации данной модели, выполненное в ППП Matlab 2010 и проведен сравнительный анализ результатов в зависимости от различных экономических показателей.

1 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ЭКОНОМИКЕ

1.1 История экономико-математического моделирования

Задачи естествознания считались главной движущей силой, которая содействовала развитию математики, синхронно развивались приложения математики в социально-экономических науках. Появляющиеся в этих науках задачи способствовали разработке нового математического инструментария. В результате это привело к формированию таких разделов математики, как линейное и нелинейное программирование, теория массового обслуживания, теория игр и др.

Считается, что математические методы в экономике, как метод анализа макроэкономических процессов, начали использоваться еще в XVIII в. Опубликовав работу «Экономические таблицы», французский экономист лейб-медик короля Людовика XV доктор Франсуа Кене впервые сделал попытку формализовать процесс общественного воспроизводства. В этой работе была сделана первая попытка количественно описать национальную экономику. В дальнейшем К. Марксом было осуществлено научное обоснование этого процесса за счет создания схем воспроизводства, которые имели большое влияние на развитие экономической науки [2].

В конце XIX в. были созданы статистические методы, что явилось основополагающим фактором для возникновения новой науки – эконометрии, которая является одним из ответвлений экономико-математических методов по изучению количественной стороны экономических явлений и процессов средствами математического анализа и математической статистики. Появляются такие направления математико-статистического исследования, как статистические методы парной и множественной регрессии, теории корреляции, проверки гипотез, теории ошибок, выборочного исследования.

В XIX в. изучение таких проблем как процесс расширенного общественного воспроизводства, основывалось на соотношениях алгебры, а в начале XX в. при общем анализе динамики экономической системы применяли и такие

разделы высшей математики, как линейная алгебра, дифференциальное и интегральное исчисление. Но такой подход использовали, в основном, в исследовании общих глобальных характеристик экономической системы. Но требовалось практическое применение, возникала необходимость не только в глобальных, но и в конкретных экономических показателях и характеристиках. Это привело к созданию в 20-е гг. XX в. в СССР системы межотраслевого баланса, которая является непосредственным продолжением схем воспроизводства. Был составлен первый в мире баланс народного хозяйства, проведен ряд исследований по моделированию процесса расширенного производства и использования статистической теории в изучении хозяйственной конъюнктуры и прогнозировании.

В настоящее время наблюдается введение в российскую практику экономико-математических методов и моделей с использованием программных комплексов. Большую роль играет экономико-математическое моделирование, с помощью которого осуществляется прогрессирование экономики, прогнозирование многих экономических процессов.

При исследовании социально-экономических процессов возникают проблемы, снижающие эффективность использования методов математического моделирования. К ним можно отнести большое разнообразие и разнородность объектов моделирования: в этой области существуют элементы управляемости и стихийности, детерминированности и существенной неоднозначности, сочетание процессов технического (производственного) и социального характера. Вследствие чего отсутствует полноценно сформировавшийся подход к анализу и прогнозированию процессов рыночной экономики, из-за чего расчеты имеют преимущественно оценочный характер.

1.2 Теория инвестиций и их экономическая значимость

На сегодняшний день в экономической литературе все больший интерес проявляется к вопросам, посвященным инвестиционной проблематике. Это связано в первую очередь с тем, что для большинства предприятий процесс инвестирования капитала является основой для дальнейшей деятельности и развития. На макроуровне инвестиционная активность способствует экономическому

росту и в результате этого повышению обеспеченности населения государства материальными, социальными и духовными благами.

При изучении инвестиционной проблематики в первую очередь возникает потребность в рассмотрении экономических категорий «инвестиции», «инвестиционная деятельность» и «инвестиционная политика», а также теоретических подходов к исследованию процесса инвестирования.

Так, одной из первых школ, занимавшихся проблемами развития инвестиционной теории, была школа меркантилистов, куда входили такие исследователи, как Т. Манн, Д. Юм, Д. Ло, Ж. Кольбер, И. Бехер, Л. Зекендорф и другие. Своей основной целью они ставили определение источника происхождения богатств и соответственно источника формирования инвестиционных ресурсов. Его они видели во внешней торговле, способствующей притоку в страну серебряных и золотых монет посредством поддержания активного торгового баланса. Это отражено в книге Т. Манна «Богатство Англии во внешней торговле, или баланс нашей внешней торговли как принцип нашего богатства» (1664 г.) [3].

Основателем теории инвестиций следует считать Джона Мейнарда Кейнса. Анализируя проблему макроэкономического равновесия, он рассмотрел особую роль инвестиций как значимой составной части общественного продукта, формирование совокупного спроса. Он рассмотрел сложный механизм взаимодействия предрасположенностей людей к потреблению, сбережению, ликвидности и инвестициям, обеспечивающий те или иные сдвиги на рынках благ, денег и рабочей силы, дал полную характеристику действия инвестиционного мультипликатора, то есть показателя множительного эффекта, который позволяет определить количественную оценку воздействия роста инвестиций на динамику валового национального продукта.

Именно Дж. Кейнсом была сформулирована экономическая категория «инвестиции», которая, используется и в настоящее время. Главным фактором, стимулирующим совокупный спрос, Дж. Кейнс считал инвестиции. Согласно Дж. Кейнсу увеличение инвестиций стимулирует рост спроса, а рост платеже-

способного спроса в свою очередь приводит к повышению занятости населения и увеличению национального дохода. Однако объем инвестиций сталкивается с некоторыми препятствиями: с ростом дохода увеличиваются и сбережения, но прирост сбережений не всегда способствует приросту инвестиций. Таким образом, нарушается равенство, исходя из которого, сбережения должны были быть равны инвестициям. Это связано с тем, что сбережения зависят от роста дохода, а размер инвестиций определяется переменными – такими, как ожидаемая рентабельность капиталовложения, уровень процентной ставки, размер налогового обложения, состояние конъюнктуры, ожидаемая рентабельность капиталовложений. До Дж. Кейнса было принято считать, что стремление сберегать надо всячески поддерживать и поощрять, так как оно служит основой роста и прогресса. Но при определенных обстоятельствах увеличение сбережений может вести к снижению размеров инвестиций.

Проблема роста инвестиций была весьма важна в исследованиях Дж. Кейнса. Он ввел значимые уточнения в суждения о норме процента, от которой зависит объем инвестиций. По Кейнсу, увеличению инвестиций мешает снижение нормы ожидаемой прибыли. Падение этой нормы случается вследствие действия закона убывающей производительности капитала. Из-за растущих объемов капитала, накопленного ранее, перспективы инвестиций в производство предприятия могут быть менее привлекательными. Если процентная ставка остается относительно высокой, то деньги направляются в ценные бумаги, а не в станки, оборудование, прирост запасов и прочее. Денежные средства откладываются в виде сбережений, а не направляются в отрасли, которые обеспечивают экономический рост. Влияет и наличие взаимосвязи между нормой процента и предельной эффективностью капитала. «Действительная величина текущих инвестиций будет стремиться расти до тех пор, пока не останется больше никаких видов капитального имущества, предельная эффективность которых превышала бы текущую норму процента» [4]. Иначе говоря, объем инвестиций приближается к значению, при котором предельная эффективность капитала равна текущей норме процента. Они совпадают в условиях равновесия,

и, напротив, при удалении от этого положения их величины могут резко различаться. Если существующая норма процента начинает превышать предельную эффективность капитала, то, ввиду сравнительно меньшей доходности от вложений, инвестиционная активность значительно уменьшается, часть сбережений не будет переведена в инвестиции. Предельная эффективность капитала может ощущать существенные колебания и нейтрализовать положительный эффект от уменьшения процентной ставки, способствующей росту инвестиций.

Следует иметь в виду тот факт, что объем инвестиций также во многом зависит от ожиданий и прогнозов инвесторов, уверенности в целесообразности инвестирования и степени риска.

В современной отечественной литературе инвестиции представляют собой процесс, в результате которого происходит преобразование ресурсов в затраты с учетом целей, поставленных инвестором, – извлечения дохода или получение иного положительного эффекта [5].

Чтобы всякое имущество (включая денежные средства) и имущественные права стали инвестициями, нужно, чтобы владелец или пользователь вложил его в тот или иной объект, предполагая достичь полезного эффекта, другими словами, осуществил инвестирование, инвестиционную деятельность.

Инвестирование средств, по определению М. И. Римера, это сложный по содержанию и динамичности процесс, который на предприятии выделяется в относительно самостоятельную производственно-финансовую сферу и называется инвестиционной деятельностью [6].

Движение инвестиций происходит в две основные стадии. Сущность первой стадии «инвестиционные ресурсы – вложение средств» представляет собой именно инвестиционную деятельность. Стадия номер два «вложение средств – результат инвестирования» рассчитана на окупаемость вложенных затрат и извлечение дохода, в итоге, от использования инвестиций. Эта стадия описывает единство и взаимовлияние двух необходимых звеньев любого вида экономической деятельности: затрат и их отдачи.

Во-первых, экономическая деятельность напрямую зависит от вложения средств, во-вторых, рациональность этих вложений выражается их отдачей. Без получения дохода или эффекта нет мотивации к инвестиционной деятельности, ведь инвестиционные ресурсы вкладываются с целью прироста их авансированной стоимости. Благодаря этому инвестиционную деятельность можно представить как совокупность процессов вложения ресурсов и извлечения доходов в будущем.

Для большинства развивающихся промышленных предприятий привлечение инвестиций и осуществление инвестиционной деятельности является значимой функцией эффективного управления производственным процессом. Возникает необходимость в сознательном руководстве инвестициями на основе научной методологии, определяющей наиболее рациональные пути для реализации поставленных целей и получения ожидаемых эффектов с учетом изменяющихся условий и воздействия различных факторов. Поэтому для осуществления инвестиционной деятельности предприятие вырабатывает инвестиционную политику, которая выступает частью стратегии развития предприятия и общей политики управления прибылью. Основой ее является определение направлений использования инвестиционных вложений, их объема и структуры для достижения определенного полезного эффекта.

1.3 Модели динамики предприятий при различных условиях финансирования

Для изучения функционирования конкретного предприятия используют экономико-математические модели динамики деятельности предприятий, а также с их помощью можно прогнозировать различные показатели в динамике. Такие модели эффективны и интересны не только с точки зрения их применения на микроуровне, но и в макроэкономических исследованиях при агрегированных показателях. В данном случае эти модели рассматриваются в разрезе макроэкономических исследований отечественной экономики, в частности при исследовании и прогнозировании межотраслевых балансов в российской экономике с позиции кредитной системы. Данное исследование обращает внима-

ние на оптимизирование деятельности кредитной системы РФ и ее соответствующего преобразования с целью обеспечения развития реального сектора экономики – предприятий, деятельность которых рассмотрим более детально с помощью приведенных ниже моделей.

Рассмотрим экономико-математические модели, основанные на решении обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих различные способы инвестирования в бизнесе (самофинансирование, государственная поддержка, кредитование). Модели позволяют исследовать динамику развития различных предприятий в зависимости от выбранных инвестиционных стратегий: «чистых» (использование одного инвестиционного источника) и «смешанных» (применение комбинированных схем финансирования), а также выявить условия доступности кредитов.

Большую роль в формировании ресурсного потенциала любого предприятия играет внешний кредитно-инвестиционный фактор. Его действие проявляется через потоки финансовых средств из различных источников в виде:

- государственных инвестиций;
- инвестиций из различных фондов;
- кредитных ресурсов, предоставляемых банковской системой;
- кредитных ресурсов, предоставляемых другими юридическими и физическими лицами (кредитные организации, инвестиционные фонды, иностранные инвесторы, ростовщики и т.д.).

Таким образом, внешний кредитно-инвестиционный фактор дополняет действие рассмотренной положительной обратной связи экономического объекта и определяет темпы динамики его развития. При этом важными оказываются как величина осуществляемой кредитно-инвестиционной поддержки и ее регулярность (динамика инвестиций во времени), так и другие условия ее предоставления (плата за инвестиционный ресурс в виде ставки процента за кредит, сроки возврата кредита и т.д.).

1.3.1 Модель промышленного предприятия, привлекающего единовременный кредитный ресурс

В работе [7] Герасимова Б.И. говорится, что в данной модели предприятие лишено государственной поддержки. Осуществляется единовременное кредитование предприятия, которое равномерно погашает долг с учетом начисления процентов, что отражается на его показателях прибыли (возмещение основного долга) и себестоимости (затраты, связанные с выплатой процента).

Кредит предоставляется один раз в начальный момент времени, вследствие чего происходит увеличение стоимости начального размера основных фондов предприятия. По кредиту начисляются сложные проценты, а его погашение (с учетом процентов) производится равными суммами и завершается к концу рассматриваемого периода. При этом возврат долга снижает прибыль предприятия (за счет возмещения основного долга) и обуславливает рост удельной себестоимости продукции (за счет начисления процентных издержек).

Согласно Герасимову Б.И. использование заемных средств предприятием хотя и является нагрузкой на прибыль предприятия, но одновременно оказывает известный положительный эффект, обусловленный уменьшением величины налогооблагаемой прибыли, за счет выплаты процентов.

Важным вопросом является изучение условий доступности кредита для предприятия. Для обеспечения роста предприятия должны быть выполнены следующие два условия:

- необходимое (размер процентов по кредиту не должен превышать общей прибыли).
- достаточное (размер чистой прибыли должен превышать долговые обязательства).

В том случае, если эти условия не выполняются, предприятию не целесообразно брать кредит.

1.3.2 Модель предприятия с использованием финансовых инструментов и комбинированных схем финансирования.

В данной модели считается, что промышленное предприятие может одновременно использовать четыре различных финансово-инвестиционных источника для своего развития:

- собственные средства (часть реинвестируемой прибыли).
- кредиты (подразумевается, что кредиты выдаются ежегодно в виде кредитной линии).
- государственная инвестиционная поддержка (предполагается в виде государственного субсидирования кредитов – между величиной кредитов и государственными инвестициями соблюдается известная пропорциональность на всем рассматриваемом промежутке времени).
- доход от внешних инвестиций промышленного предприятия (за счет свободной прибыли).

Отличительной особенностью данной модели являются также условия предоставления и погашения кредита. В модели рассматриваются льготные условия кредитования, характерные именно для среднего и малого бизнеса, погашение кредита осуществляется из двух источников: проценты включаются в себестоимость, основной долг компенсируется за счет внешнего инвестирования. Таким образом, внутренняя инвестиционная программа предприятия сохраняется неизменной [7].

Кроме того, в уравнении динамики фондов принимается во внимание процесс их выбытия, связанный с моральным и физическим износом. В настоящее время эта проблема актуальна для российских предприятий по причине значительной изношенности их основных фондов. Для обеспечения развития предприятия оказывается важным, во-первых, скорость обновления фондов, во-вторых, размер и условия предоставления кредита. Эти условия могут либо благоприятствовать успешному прогрессированию предприятия, либо замедлять темпы его динамики.

1.4 Численные методы математического моделирования для решения задач Коши

Рассмотрим задачу Коши для обыкновенного дифференциального уравнения:

$$y' = f(x, y), \quad y(x_0) = y_0. \quad (1)$$

Будем считать, что эта задача имеет единственное решение на промежутке $[x_0, b]$. Запишем (6) в интегральном виде:

$$y(x) = y_0 + \int_{x_0}^x f(t, y(t)) dt. \quad (2)$$

Методы численного решения этого уравнения заключаются в приближенном вычислении значений гипотетического решения $y(x)$ в точках $x_1, x_2, \dots, x_N \in [x_0, b]$. Для простоты будем считать точки (узлы) x_1, \dots, x_N равноотстоящими, т.е. $x_k = x_0 + kh$, где $h = (b - x_0) / N$.

Во всех рассмотренных методах решения задачи (1) значения в узлах будут строиться последовательно, т.е. будем считать, что значения $y_1 \approx y(x_1), \dots, y_m \approx y(x_m)$ уже известны, построим $y_{m+1} \approx y(x_{m+1})$ [8].

1.4.1 Метод Эйлера

Наиболее простой способ получить численное решение уравнения (2) – вычислить интеграл в правой части при помощи какой-либо квадратурной формулы. При этом для вычисления y_{m+1} можно использовать только значение y_m . Отметим, что такие методы решения дифференциального уравнения дают такую же погрешность, как и соответствующие квадратурные формулы.

Применим формулу левых прямоугольников:

$$y_{m+1} = y_m + \int_{x_m}^{x_m+h} f(t, y(t)) dt = y_m + hf(x_m, y_m) + O(h^2). \quad (3)$$

Расчетная формула метода:

$$y_{m+1} = y_m + hf(x_m, y_m), \quad m = 0, 1, \dots, N-1. \quad (4)$$

На промежутке $[x_0, b]$ метод Эйлера дает погрешность порядка h , т.е.

$$y_N - y(x_N) = O(h). \quad (5)$$

1.4.2 Метод Рунге-Кутты 4-го порядка

Теперь логично для вычисления интеграла в (2) применить формулу Симпсона.

Расчетные формулы метода [8]:

$$y_{m+1} = y_m + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4), \quad (6)$$

$$k_1 = hf(x_m, y_m),$$

$$k_2 = hf\left(x_m + \frac{h}{2}, y_m + \frac{k_1}{2}\right), \quad (7)$$

$$k_3 = hf\left(x_m + \frac{h}{2}, y_m + \frac{k_2}{2}\right),$$

$$k_4 = hf(x_m + h, y_m + k_3), m = 0, 1, \dots, N - 1.$$

Оказывается, если $y_m = y(x_m)$, то $y_{m+1} - y(x_{m+1}) = O(h^2)$. На всей интегральной кривой метод дает погрешность порядка h^4 .

Если уравнение имеет вид $y' = f(x)$, то $k_2 = k_3$ и видно, что расчетная формула метода Рунге-Кутты получается в результате применения формулы Симпсона, иначе – обобщенной формулы Симпсона [9].

1.4.3 Интерполяционный метод Адамса

Ранее отмечали, что узлы x_1, \dots, x_N считаем равноотстоящими для удобства. И в рассмотренных выше методах это действительно не более чем удобство, поскольку все эти методы являлись одношаговыми, т.е. значение y_{m+1} строилось исключительно по y_m . В частности, рассмотренные методы допускают переменный шаг аргумента ($x_{m+1} - x_m = h_m$). Теперь зафиксируем шаг $h = (b - x_0) / N$ и все узлы $x_i = x_0 + ih, i = 0, 1, \dots, N$ будем считать равноотстоящими. При построении y_{m+1} будут использоваться значения в $k + 1$ предыдущих узлах: y_{m-1}, \dots, y_m .

Предположим, что известны приближенные значения $y(x)$ в точках x_0, x_1, \dots, x_m , $y_i \approx y(x_i)$, $i = 0, 1, \dots, m$, $k \leq m < N$ (они могут быть найдены одним из рассмотренных выше методов), в дальнейшем $m \geq k$.

Пусть $h = (b - x_0)/N$ и $x_i = x_0 + ih, i = 0, 1, \dots, N$.

Предположим, что известны приближенные значения $y(x)$ в точках x_0, x_1, \dots, x_m , $y(x_i) \approx y_i, i = 0, 1, \dots, m$, $k \leq m < N$. Обозначим $q_i = hf(x_i, y_i)$.

Заменяя приближенно функцию $f(x, y(x))$ в выражении

$$y_{m+1} = y_m + \int_{x_m}^{x_{m+1}} f(x, y(x)) dx, \quad (8)$$

интерполяционным многочленом k -ой степени в форме Ньютона для конца таблицы по узлам $x_{m+1}, x_m, \dots, x_{m+1-k}$ и интегрируя, получим расчетную формулу метода

$$y_{m+1} = y_m + \sum_{j=0}^k a_j^* \Delta^j q_{m+1-j}, \quad (9)$$

где $a_j^* = \frac{1}{j!} \int_{-1}^0 t(t+1)\dots(t+j-1) dt$. (10)

Как видно, в правой части формулы (9) присутствует $q_{m+1} = hf(x_{m+1}, y_{m+1})$, т.е. формула (9) является уравнением относительно y_{m+1} . Интерполяционный метод Адамса является неявным методом. Уравнение (9) рекомендуется решать методом итераций.

В качестве нулевого приближения можно взять y_{m+1} , найденное экстраполяционным методом, обозначим его $y_{m+1}^{(0)}$. Вычислим

$$q_{m+1}^{(0)} = hf(x_{m+1}, y_{m+1}^{(0)}), \Delta q_m^{(0)} = q_{m+1}^{(0)} - q_m^{(0)}, \Delta^2 q_{m-1}^{(0)}, \dots, \Delta^k q_{m+1-k}^{(0)}. \quad (11)$$

Используя эти значения, вычисляем $y_{m+1}^{(1)}$ по расчетной формуле (9). Сравниваем $|y_{m+1}^{(1)} - y_{m+1}^{(0)}| < \varepsilon$, где ε – заданная точность. Если условие не выполняется, то делаем перерасчет до тех пор, пока не будет выполнено условие.

Формулу (9) можно применять для $m = k, k + 1, \dots, N - 1$.

Если решение $y(x)$ – многочлен степени не выше $k + 1$, то интерполяционный метод Адамса дает точное значение решения.

На шаге погрешность метода $O(h^{k+2})$, на всем промежутке – $O(h^{k+1})$, так что $y(x_{m+1}) = y_{m+1} + O(h^{k+1})$.

При $k = 4$ получаем формулу

$$y_{m+1} = y_m + q_{m+1} - \frac{1}{2}\Delta q_m - \frac{1}{12}\Delta^2 q_{m-1} - \frac{1}{24}\Delta^3 q_{m-2} - \frac{19}{720}\Delta^4 q_{m-3}. \quad (12)$$

Используя интерполяционный многочлен в форме Лагранжа, или заменяя конечные разности в (12) выражениями через значения функции, можно получить безразностную формулу интерполяционного метода Адамса:

$$y_{m+1} = y_m + \sum_{j=1}^{k-1} b_{kj}^* q_{m-j}, \quad (13)$$

$$b_{kj}^* = \frac{(-1)^{j+1}}{(j+1)!(k-1-j)!} \int_0^1 \frac{(t-1)t(t+1)\dots(t+k-1)}{t+j} dt. \quad (14)$$

2 МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧАСТИЕМ ВНЕШНИХ ИНВЕСТИЦИЙ

2.1 Постановка задачи моделирования

Рассмотрим приспособленную к условиям турбулентной среды базисную модель динамики предприятия, использующего внешние инвестиции как форму государственной поддержки, представленную С.Р. Хачатряном [10] и предназначенную для промышленных предприятий, функционирующих в условиях, описываемых системой предпосылок:

– предприятие может прогрессировать благодаря внутренним источникам (прибыли, амортизации), также и за счет государственной поддержки в виде инвестиций;

– возможно использование трех разных стратегий государственной поддержки бизнеса: а) постоянная (с фиксированными объемами инвестиций для каждого периода); б) линейно возрастающая (с известным постоянным темпом роста инвестиций); в) нелинейно возрастающая (с нарастающим темпом и минимальным уровнем гарантированного государственного субсидирования). Собственная инвестиционная стратегия предприятия определяется долей чистой прибыли (которая предполагается постоянной), отчисляемой на реинвестирование;

– выпуск продукции зависит от основных производственных фондов, которые считаются единственным лимитирующим фактором;

– каждое предприятие действует при постоянной технологии, вследствие чего фондоотдача не изменяется. Фондоотдача является экономическим показателем, который используется для характеристики эффективности использования основных фондов предприятия;

Зависимости между основными переменными модели предприятия и между агрегированными переменными (такими, как объем выпуска, стоимость основных производственных фондов и темпы их прироста, общая и чистая прибыль, сумма налоговых отчислений и т.д.) показаны следующими уравнениями:

$$P(t) = fA(t), \quad (15)$$

$$M^{об}(t) = (1 - c)P(t), \quad (16)$$

$$M(t) = M^{об}(t) - N(t), \quad (17)$$

$$N(t) = \tau_1 P(t) + \tau_2 K_\lambda (1 - \xi) M^{об}(t), \quad (18)$$

$$\frac{dA}{dt} = \xi M(t) + I(t) + \alpha \delta(t), \quad (19)$$

где $P(t)$ – выпуск продукции в момент t в стоимостном выражении;

f – показатель фондоотдачи;

$A(t)$ – стоимость основных производственных фондов;

c – доля удельной себестоимости выпуска продукции в стоимостном выражении;

$M^{об}(t)$ – общая прибыль предприятия;

$M(t)$ – чистая прибыль предприятия за вычетом налоговых отчислений;

$N(t)$ – сумма налоговых отчислений;

τ_1, τ_2 – ставки налогообложения на объем выпуска и прибыль соответственно;

ξ – доля чистой прибыли, отчисляемой на реинвестирование, $0 \leq \xi \leq 1$;

K_λ – коэффициент, отражающий долю реинвестируемых средств прибыли, не имеющих льгот по налогообложению (не все реинвестируемые средства освобождаются от налогов), характеризующий соотношение общей и чистой прибыли предприятия, и оцениваемый статистическим путем $0 < K_\lambda \leq 1$;

$I(t)$ – внешние инвестиции, полученные предприятием;

$\theta(t)$ – функция Хевисайда (обобщенная функция);

α – величина внешних возмущений.

При этом уравнения: (15) – определяет линейную производственную функцию промышленного предприятия; (16) – характеризует процесс формирования его общей прибыли за вычетом издержек производства; (17) – описывает величину чистой прибыли за вычетом общей суммы налоговых отчислений;

(18) – требует специальных пояснений. Уравнение представляет собой обобщенный способ расчета налоговых отчислений, является линейной комбинацией альтернативных вариантов налогообложения, действующих в бизнесе (переменные τ_1 , τ_2 могут равняться нулю, если нет подходящего налогового варианта). Уравнение (19) описывает динамику прироста основных производственных фондов за счет собственных средств и внешних инвестиций, также берется в расчет воздействие внешних факторов с возмущением, предсказывать которые мы не можем (инфляция, рост цен на сырье). Воздействие возмущений показывается при помощи обобщенной функции, которая оказывает влияние на основные производственные фонды в определенный момент t_0 времени.

2.2 Аналитическое решение уравнения прироста основных производственных фондов

Подставляя (16) и (18) в соотношение (17), получаем

$$\begin{aligned} M(t) &= P(t)(1 - c) - \tau_1 P(t) - \tau_2 K_\lambda (1 - \xi) M(t) = \\ &= P(t)[(1 - c) - \tau_1] - \tau_2 K_\lambda (1 - \xi) M(t). \end{aligned} \quad (20)$$

Выражая явным образом переменную $M(t)$ в соотношении (20), имеем

$$M(t) = \frac{(1 - c - \tau_1)P(t)}{1 + \tau_2 K_\lambda (1 - \xi)}. \quad (21)$$

Отсюда, после подстановки (21) в (19) имеем

$$\frac{dA}{dt} = \hat{a}P(t) + I(t) + \alpha\delta(t), \quad (22)$$

где
$$\hat{a} = \frac{(1 - c - \tau_1)\xi}{1 + \tau_2 K_\lambda (1 - \xi)}.$$

Учитывая (15), система соотношений (15) – (18) преобразуется к линейному неоднородному дифференциальному уравнению:

$$\frac{dA}{dt} = \hat{f}A(t) + I(t) + \alpha\delta(t). \quad (23)$$

Для решения неоднородного линейного уравнения (22) применим метод вариации постоянной. Сначала решаем однородное уравнение:

$$\frac{dA}{dt} = f\hat{a}A(t). \quad (24)$$

Получаем

$$A(t) = ce^{\int a(t)dt}. \quad (25)$$

Решаем неоднородное уравнение

$$\frac{dA}{dt} = a(t)A(t) + I(t) + \alpha\delta(t). \quad (26)$$

Варьируем постоянную

$$A(t) = c(t)e^{\int a(t)dt}. \quad (27)$$

Получаем общее решение дифференциального уравнения

$$A(t) = ce^{\int a(t)dt} + e^{\int a(t)dt} \int [I(s) + \alpha\delta(s)]e^{-\int a(s)ds} ds. \quad (28)$$

Используя начальные условия получаем

$$A(t) = A_0 e^{\int_0^t a(s)ds} + \int_0^t e^{\int_s^t a ds} (I(t) + \alpha\delta(t)) ds. \quad (29)$$

Рассмотрим 3 частных случая динамики инвестиций $I(t)$:

1) $I(t) = I_0 = const$ – соответствует стратегии государственной финансовой поддержки с фиксированными объемами инвестиций для каждого периода.

$$\frac{dA}{dt} = f\hat{a}A(t) + I_0 + \alpha\delta(t). \quad (30)$$

Решая это уравнение методом Лагранжа, получаем общее решение линейного дифференциального уравнения, для рассматриваемой правой части имеет вид:

$$A(t) = (A_0 + \frac{I_0}{a} + \frac{\alpha\theta(t)}{a})e^{at} - \frac{I_0}{a} + \alpha\theta(t)e^{a(t-t_0)}. \quad (31)$$

2) $I(t) = \beta t$ – соответствует стратегии государственной финансовой поддержки возрастающей по линейному закону с темпом роста инвестиций $\beta > 0$

Общее решение уравнения имеет вид:

$$A(t) = (A_0 + \frac{\beta}{a^2} + \frac{\alpha\theta(t)}{a})e^{at} - \frac{\beta(at+1)}{a^2} + \alpha\theta(t)e^{a(t-t_0)}. \quad (32)$$

3) $I(t) = Be^{\beta t}$ – соответствует стратегии государственной финансовой поддержки возрастающей по нелинейному (экспоненциальному) закону со средним темпом $\beta > 0$ и с минимальным уровнем гарантированной государственной поддержки ($I(0) = B$ при $t = 0$).

Общее решение уравнения имеет вид:

$$A(t) = \left(A_0 + \frac{\beta}{(a - \beta)} + \frac{\alpha \theta(t)}{a} \right) e^{at} - \frac{Be^{\beta t}}{(a - \beta)} + \alpha \theta(t) e^{a(t-t_0)}, \quad (33)$$

где $A_0 = A(0)$.

Математическая структура основного уравнения динамики промышленного предприятия (23), как и структура полученных решений (31) – (33), соответствует результатам дифференциального анализа применительно к предприятию как хозяйственному объекту. Но экономическая суть переменных, которые входят в решения, для сопоставляемых исследований различно и характеризуется первоначальными посылками используемых в каждом случае моделей.

3 МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧАСТИЕМ ВНЕШНИХ ИНВЕСТИЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ОАО «КОМБИНАТ «КМАРУДА»

3.1 Программное приложение

Программная реализация выполнена в ППП Matlab 2010. Программное приложение включает в себя файл интерфейса приложения и файл функций, необходимых для моделирования. Листинг программного приложения приведен в приложении А.

Необходимо рассмотреть работу с программным приложением. В левой части окна приложения находятся поля для ввода параметров модели. В правой – область для отображения зависимости.

Для запуска вычислительного процесса необходимо ввести необходимые параметры моделирования, а затем нажать кнопку «Рассчитать». Кнопка «Заполнить случайными» заполняет поля для ввода параметров модели случайным образом. На рисунке 1 представлен внешний вид приложения.

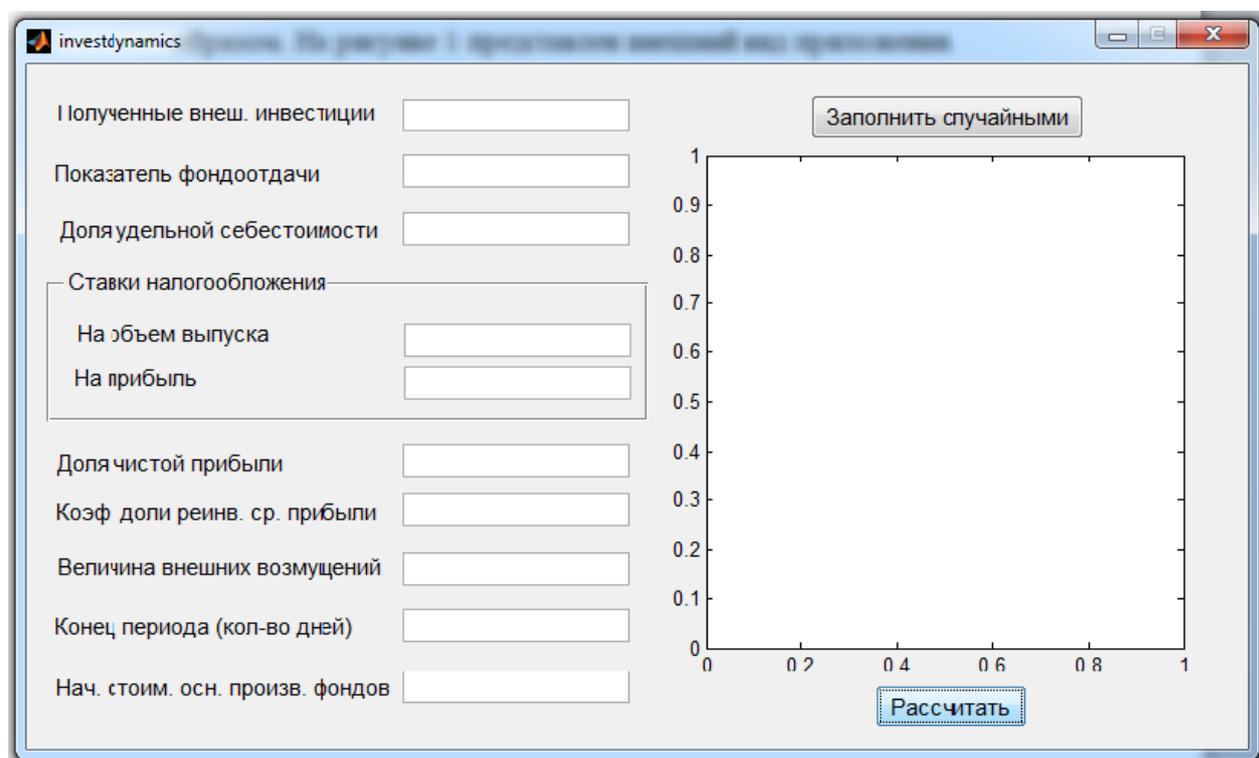


Рисунок 1 – Внешний вид приложения

3.2 Вычислительный эксперимент

Рассмотрим использование модели динамики развития промышленного предприятия для улучшения инвестиционной политики на примере комбината «КМАруда». Для многих промышленных предприятий, таких как ОАО «Комбинат «КМАруда», привлечение инвестиций и осуществление инвестиционной деятельности является основной функцией эффективного руководства производственным процессом. В настоящее время недостаточно просто удовлетворить инвестиционные потребности предприятия, а становится необходимо сознательное управление инвестициями на основе научной методологии. Поэтому предприятие разрабатывает инвестиционную политику, представляющую собой сложную систему управления инвестициями, определяющую коэффициент реинвестирования, структуру и масштабы инвестиционных вложений, учитывающую приоритетные направления их использования с целью обеспечения развития и расширения предприятия, наращивания производственных мощностей и, в целом, увеличения дохода и получения других положительных эффектов.

В данном исследовании предполагается смоделировать развитие горно-рудного предприятия – ОАО «Комбината «КМАруда», что позволит определить влияние различных сумм инвестиционных вложений на тенденцию дальнейшего развития предприятия, а также дать оценку стоимости предприятия в краткосрочной и долгосрочной перспективах.

Для моделирования воспользуемся данными бухгалтерской отчетности ОАО «Комбинат «КМАруда», представленными в таблице 1.

Таблица 1 – Основные финансово-экономические показатели ОАО «Комбинат «КМАруда»

Годы	Выручка от реализации товара	Стоимость основных средств	Стоимость оплаты труда
2012	4 531 671	1 777 178	725 800
2013	6 800 122	2 082 721	829 971
2014	6 126 988	3 048 747	907 836
2015	5 600 177	3 834 662	944 843

На основе данных ОАО «Комбинат «КМАруда», с помощью разработанного программного приложения, сделаем прогноз изменения стоимости основных средств и покажем на графике. Параметр A – это стоимость основных производственных фондов, T – период времени в днях, рисунок 2.

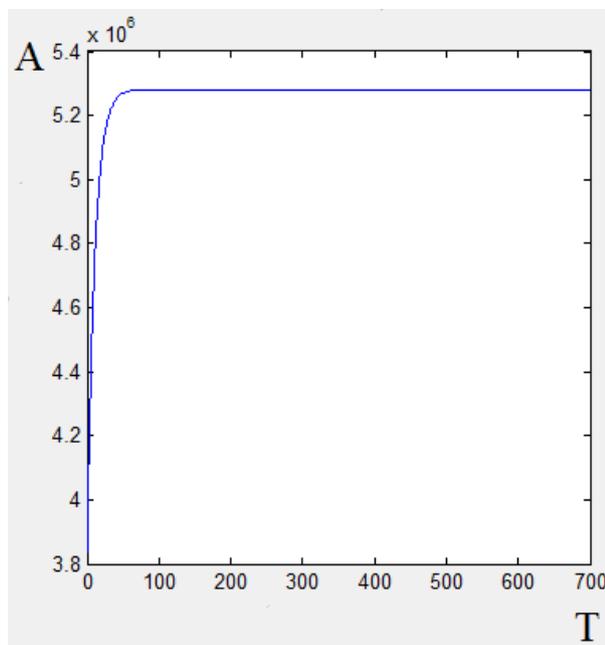


Рисунок 2 – Прогнозирование стоимости основных средств

В данном случае основными показателями являются полученные внешние инвестиции и начальная стоимость производственных фондов, все использованные параметры показаны на рисунке 3.

Полученные внеш. инвестиции	<input type="text" value="500000"/>
Показатель фондоотдачи	<input type="text" value="1"/>
Доля удельной себестоимости	<input type="text" value="2"/>
Ставки налогообложения	
На объем выпуска	<input type="text" value="0.1"/>
На прибыль	<input type="text" value="0.2"/>
Доля чистой прибыли	<input type="text" value="0.1"/>
Козф. доли реинв. ср. прибыли	<input type="text" value="0.9"/>
Величина внешних возмущений	<input type="text" value="1"/>
Конец периода (кол-во дней)	<input type="text" value="700"/>
Нач. стоим. осн. произв. фондов	<input type="text" value="3834662"/>

Рисунок 3 – Параметры модели

В результате вложения инвестиций наблюдается рост основных производственных средств. Вследствие чего возможно наращивание производственных мощностей предприятия, что приведет к увеличению выпуска продукции и, соответственно, росту прибыли предприятия. Также на развитие предприятия влияют и другие экономические показатели. Серьезное влияние могут оказывать также и такие явления, как экономический кризис.

Рассмотрим поведение функции при увеличении внешних инвестиций на 200000, рисунок 4.

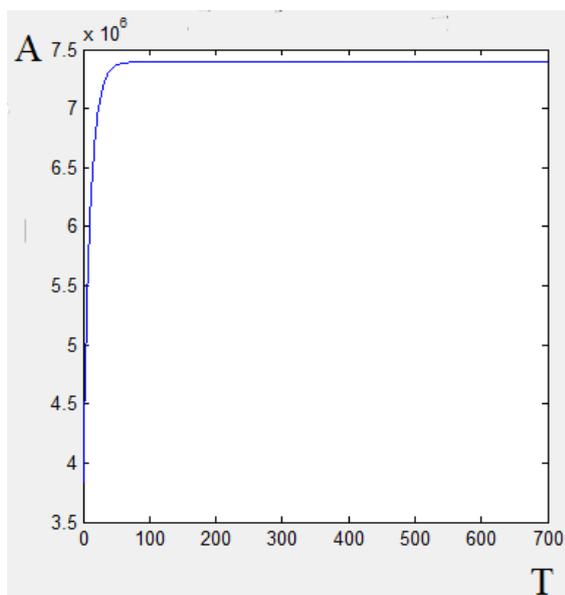


Рисунок 4 – Стоимость основных производственных фондов при увеличении внешних инвестиций

Увеличивая внешние инвестиции и оставляя неизменными другие параметры, наблюдаем рост предельной стоимости основных производственных средств. При прогнозировании не учитывается возможная утрата основных средств в случаях: продажи, передачи дочернему предприятию, списанию в результате физического износа, при стихийных бедствиях и иных чрезвычайных ситуациях.

При утрате необходимо заново подсчитать стоимость основных средств и выполнить прогнозирование.

Реализуем частные случаи динамики инвестиций. Рассмотрим стратегию поддержки с фиксированными объемами инвестиций, рисунок 5.

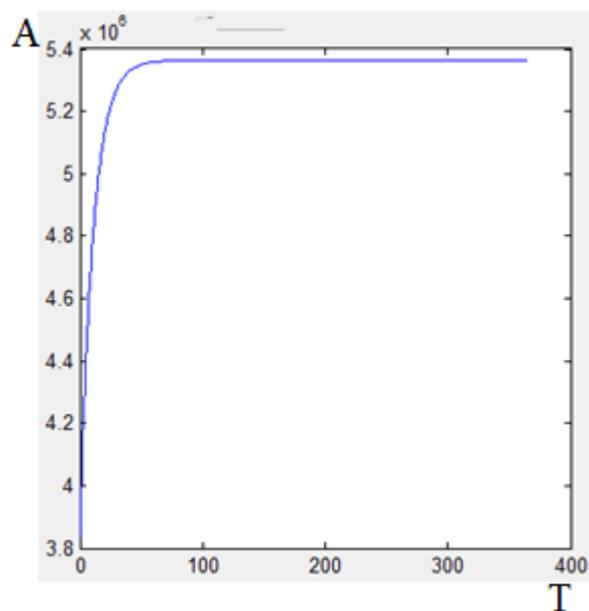


Рисунок 5 – Стратегия государственной финансовой поддержки с фиксированными объемами инвестиций

В данном случае вложение инвестиций одинаково для каждого отчетного периода.

Рассмотрим стратегию поддержки возрастающей по линейному закону, рисунок 6.

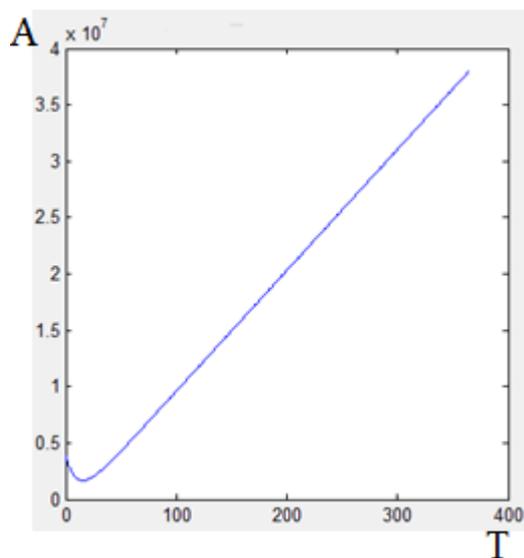


Рисунок 6 – Стратегия государственной финансовой поддержки возрастающей по линейному закону

При осуществлении этой стратегии происходит наращивание вложенных средств с каждым периодом времени.

Рассмотрим стратегию поддержки возрастающей по экспоненциальному закону, рисунок 7.

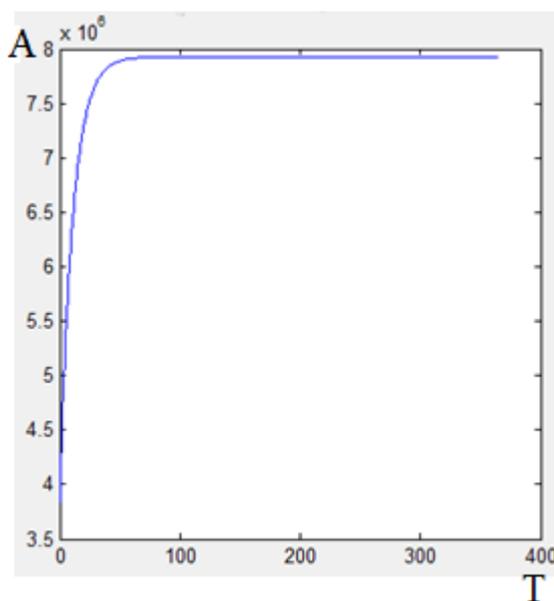


Рисунок 7 – Стратегия государственной финансовой поддержки возрастающей по экспоненциальному закону

При использовании этой стратегии вложение инвестиций возрастает по экспоненциальному закону.

Сравнивая темпы роста основных фондов для различных вариантов инвестирования предприятия, убеждаемся в том, что они соответствуют интенсивности финансовой поддержки и зависят от параметров, характеризующих деятельность рассматриваемого экономического объекта, экономических характеристик предприятия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Процесс инвестирования является важной частью функционирования любого предприятия. Для промышленного предприятия вопрос инвестирования наиболее актуален, так как в процессе деятельности необходимы инвестиции на поддержание основных средств и обеспечение постоянной работы предприятия.

В работе исследован такой процесс как инвестирование. Рассмотрены теоретические подходы к пониманию инвестиций и их экономической значимости. Сформулирована постановка задачи моделирования и проведено аналитическое исследование динамической модели предприятия с участием внешних инвестиций. Разработано программное приложение для реализации данной модели, выполненное в ППП Matlab 2010, которое позволяет прогнозировать стоимость основных производственных средств. Проведен сравнительный анализ результатов в зависимости от различных экономических показателей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Лопатников, Л.И. Экономико-математический словарь [Текст]. / Л.И. Лопатников. – М.: Дело, 2003. – 520 с.
- 2 Багриновский, К.А. Экономико-математические методы и модели (микрoэкономика): учебное пособие [Текст]. / К.А. Багриновский, В.М. Матюшок. – М.: Изд-во РУДН, 1999. – 183 с.
- 3 Игошин, Н.В. Инвестиции. Организация, управление, финансирование: учебное пособие [Текст]. / Н. В. Игошин. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. – 447 с.
- 4 Кейнс, Дж.М. Общая теория занятости, процента и денег: учебное пособие [Текст]. / Дж. М. Кейнс; пер. с англ. – М.: Прогресс, 1978. – 494 с.
- 5 Игонина, Л.Л. Инвестиции: учебное пособие [Текст]. / Л. Л. Игонина; под ред. д-ра экон. наук, проф. В.А. Слепова. – М.: Экономистъ, 2005. – 478 с.
- 6 Ример, М.И. Экономическая оценка инвестиций [Текст]. / М. И. Ример, А. Д. Касатов, Н. Н. Матиенко. – 4-е изд. – СПб.: Питер, 2011. – 432 с.
- 7 Герасимов, Б.И. Дифференциальные динамические модели: учебное пособие [Текст]. / Б.И. Герасимов. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 80 с.
- 8 Колдаев, В.Д. Численные методы и программирование: учебное пособие [Текст]. / Б.И. Герасимов, под ред. проф. Л.Г.Гагариной. – М.: ИД «Форум»: ИНФРА-М, 2009. – 336 с.
- 9 Кувайскова, Ю.Е. Численные методы. Лабораторный практикум: учебное пособие [Текст]. / Ю.Е. Кувайскова. – Ульяновск: УлГТУ, 2014. – 113с.
- 10 Егорова, Н.Е. Динамические модели развития малых предприятий, использующих кредитно инвестиционные ресурсы: учебное пособие [Текст]. / Н.Е. Егорова, С.Р. Хачатрян . – М.: Предпринт, 2001. – 44 с.
- 11 Колемаев, В.А. Математическая экономика: учебник [Текст] / В.А.Колемаев. – М.: Юнити, 1998 – 2-е изд. – 399 с.
- 12 Лебедев, В.В. Математика в экономике и управлении: учебное пособие для экономических специальностей вузов [Текст]. / В.В. Лебедев. – М.: НВТ-Дизайн, 2004. – 480 с.

13 Четыркин, Е.М. Финансовая математика [Текст]. / Е.М. Четыркин.
– М.: Дело, 2001. – 400 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Исходный код программного приложения, предназначенного для моделирования прогноза стоимости основных средств

```
function varargout = investdynamics(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn',  @investdynamics_OpeningFcn,
                  ...
                  'gui_OutputFcn',  @investdynamics_OutputFcn,
                  ...
                  'gui_LayoutFcn',   [] , ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end

if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
function investdynamics_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
handles.output = hObject;

guidata(hObject, handles);
clc
set(handles.edit10, 'String', 5000);
set(handles.edit1, 'String', 1);
set(handles.edit2, 'String', 2);
set(handles.edit3, 'String', 2);
set(handles.edit4, 'String', 10);
set(handles.edit5, 'String', 0.1);
set(handles.edit6, 'String', 0.9);
set(handles.edit7, 'String', 7);
set(handles.edit11, 'String', 80);
set(handles.edit12, 'String', 5000);

function varargout = investdynamics_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
varargout{1} = handles.output;

function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),  
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))  
    set(hObject,'BackgroundColor','white');  
end
```

```
function edit2_Callback(hObject, eventdata, handles)  
function edit2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)  
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),  
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))  
    set(hObject,'BackgroundColor','white');  
end
```

```
function edit5_Callback(hObject, eventdata, handles)  
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)  
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),  
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))  
    set(hObject,'BackgroundColor','white');  
end
```

```
function edit6_Callback(hObject, eventdata, handles)  
function edit6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)  
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),  
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))  
    set(hObject,'BackgroundColor','white');  
end
```

```
function edit7_Callback(hObject, eventdata, handles)  
function edit7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)  
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),  
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))  
    set(hObject,'BackgroundColor','white');  
end
```

```
function edit9_Callback(hObject, eventdata, handles)  
function edit9_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)  
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),  
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))  
    set(hObject,'BackgroundColor','white');  
end
```

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
function edit10_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit10_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end
```

```
function edit11_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end
```

```
function edit12_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit12_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end
```

```
function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end
```

```
function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end
```

```
function sethandles(handles)
set(handles.edit10, 'String', ceil(10000*rand));
set(handles.edit1, 'String', ceil(10*rand));
set(handles.edit2, 'String', ceil(10*rand));
set(handles.edit3, 'String', ceil(10*rand));
set(handles.edit4, 'String', ceil(10*rand));
```

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ А

```
set(handles.edit5, 'String', rand);
set(handles.edit6, 'String', rand);
set(handles.edit7, 'String', rand);
set(handles.edit11, 'String', ceil(100*rand));
set(handles.edit12, 'String', ceil(10000*rand));

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
sethandles(handles);

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
c = str2double(get(handles.edit2, 'String'));
tau1 = str2double(get(handles.edit3, 'String'));
tau2 = str2double(get(handles.edit4, 'String'));
ksi = str2double(get(handles.edit5, 'String'));
K1 = str2double(get(handles.edit6, 'String'));

ar = ((1-c-tau1)*ksi)/(1+tau2*K1*(1-ksi));
%ar = ((1-c)*(1-tau2*K1*(1-ksi))-tau1)*ksi;

f = str2double(get(handles.edit1, 'String'));
alp = str2double(get(handles.edit7, 'String'));
I = inline(get(handles.edit10, 'String'), 't');

T = str2double(get(handles.edit11, 'String'));
A0 = str2double(get(handles.edit12, 'String'));

h=0.5;
t=[0:h:T];
A=A0;
for i=2:length(t)
    k1=f*ar*A(i-1)+I(t(i-1));
    k2=f*ar*(A(i-1)+(h/2)*k1)+I(t(i-1)+(h/2));
    k3=f*ar*(A(i-1)+(h/2)*k2)+I(t(i-1)+(h/2));
    k4=f*ar*(A(i-1)+h*k3)+I(t(i-1)+h);
    A(i)=A(i-1)+(h/6)*(k1+2*k2+2*k3+k4);
end
plot(t,A);
```