

Том 14, 2017, № 1
Vol. 14, 2017, No. 1

ISSN: 1812-5220

Научно-практический журнал

Проблемы анализа риска

Scientific and Practical Journal

Issues of Risk Analysis

Главная тема номера:

Управление рисками в нефтегазовых
КОМПАНИЯХ

Volume Headline:

Risk management in oil and gas companies



9 771812 522004

Официальное издание Экспертного совета МЧС России и Российского научного общества анализа риска
Official Edition of the Expert Council of EMERCOM of Russia and Russian Scientific Society for Risk Analysis

Учредители:

- Общероссийская общественная организация «Российское научное общество анализа риска»
- ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ)
- Финансовый издательский дом «Деловой экспресс»

Журнал внесен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Минобрнауки России (ВАК) для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается

При перепечатке и цитировании ссылка на журнал «Проблемы анализа риска» обязательна

Присланные в редакцию материалы рецензируются и не возвращаются

Статьи, не оформленные в соответствии с Инструкцией для авторов, к рассмотрению не принимаются

Ответственность за достоверность фактов, изложенных в материалах номера, несут их авторы

Мнение членов редколлегии и редсовета может не совпадать с точкой зрения авторов

Редакция не имеет возможности вести переписку с читателями (не считая ответов в виде журнальных публикаций)

Журнал издается с 2004 года. Периодичность: 1 раз в 2 месяца

© Проблемы анализа риска, 2017

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77-61704 от 25.05.2015

Формат 60 × 84 1/8. Объем 12 печ. л. Печать офсетная. Тираж 1000 экз. Подписано в печать 20.02.2017.

Редакция:

Главный редактор
Быков Андрей Александрович
E-mail: journal@dex.ru, par@dex.ru

Ответственный секретарь
Виноградова Лилия Владимировна
E-mail: journal@dex.ru

Отдел подписки
Тел.: +7 (495) 787-52-26
E-mail: journal@dex.ru

Верстка:
Луговой Александр Вячеславович,
Столбова Марина Сергеевна

Корректура:
Легостаева Инна Леонидовна,
Таборская Людмила Вильгельмовна,
Шольчева Янина Геннадьевна

Дизайн: АО ФИД «Деловой экспресс»

Адрес редакции:
125167, г. Москва, ул. Восьмого Марта 4-я, д. 6А
АО ФИД «Деловой экспресс»
Тел.: +7 (495) 787-52-26

Издание, распространение и реклама —
АО ФИД «Деловой экспресс»,
125167, г. Москва, ул. Восьмого Марта 4-я, д. 6А
Тел.: +7 (495) 787-52-26
E-mail: journal@dex.ru

<http://www.dex.ru>

Колонка редактора

- 4 Об управлении отдельными видами рисков в нефтегазовых компаниях
А. А. Быков, Главный редактор

Управление кредитным риском

- 6 Системно-динамическая модель кредитного риска нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей компании
Д. С. Куренной, Д. Ю. Голембиовский, МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва

Риск природный

- 24 Учет опасных геоморфологических процессов в зонах разломов при экологическом проектировании трассы магистрального газопровода
С. Б. Кузьмин, Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск

Риск пожарный

- 42 Модель оптимизации мероприятий для управления пожарными рисками на территории нефтегазовых объектов с использованием генетических алгоритмов
С. В. Гудин, Р. Ш. Хабибулин, Академия ГПС МЧС России, г. Москва

Риск принятия решений

- 56 Субъективные аспекты принятия решений в условиях риска и неопределенности в бизнес-сегменте Upstream
С. Д. Кожевникова, Д. С. Шутько, ООО «ДТА Проект-Центр», г. Москва
С. Ю. Шутько, ООО «СибГеоПроект-Центр», г. Москва

Риск социально-экономический

- 64 Верхний уровень управления социально-экономическими системами
Е. Д. Соложенцев, Институт проблем машиноведения РАН, г. Санкт-Петербург
Е. И. Карасева, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Информационное окно

- 74 Протокол расширенного заседания Президиума Российского научного общества анализа риска
76 Декларация Российского научного общества анализа риска «О дальнейшем развитии в Российской Федерации теории и практики оценки и управления рисками чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»
84 Концепция Российского научного общества анализа риска «О научной поддержке развития государственно-общественной системы управления защитой населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»
92 Аннотации статей на английском языке
94 Инструкция для авторов

УДК: 519.865.5

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2017

Системно-динамическая модель кредитного риска нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей компании

Д. С. Куренной,
Д. Ю. Голембиовский,
МГУ им. М. В. Ломоносова,
г. Москва

Аннотация

Данное исследование посвящено построению системно-динамической модели кредитного риска нефтедобывающего и нефтеперерабатывающего предприятия на примере компании Башнефть. Работа демонстрирует возможность использования системно-динамических моделей для определения макроэкономических сценариев, приводящих к дефолту заемщика.

Ключевые слова: системная динамика, кредитные риски, обратное стресс-тестирование, управление рисками.

Содержание

Введение

1. Основные положения системной динамики
2. Производственная часть системно-динамической модели компании Башнефть
3. Финансовая часть системно-динамической модели компании Башнефть
4. Численные результаты моделирования
5. Использование системно-динамической модели в стресс-тестировании

Заключение

Литература

Введение

В настоящее время регуляторы банковской сферы в качестве одной из главных процедур оценки рисков предписывают проведение банками обратного стресс-тестирования [1—4]. Обратное стресс-тестирование заключается в определении сценариев, приводящих к заданному уровню финансовых потерь [5, 6]. Результаты обратного стресс-тестирования могут быть использованы, в частности, для принятия управленческих решений, позволяющих смягчить последствия реализации определенных сценариев.

Применительно к кредитному риску в рамках обратного стресс-тестирования формируют макроэкономические сценарии, которые приводят к заданной величине потерь кредитного портфеля. Из известных моделей оценки кредитного риска заемщиков только модели, основанные на макроэкономических показателях, могут быть использованы для решения данной задачи [7]. Однако для калибровки таких моделей необходима выборка аналогичных предприятий достаточ-

но большого объема. Данные модели не учитывают структуру конкретных предприятий и не рассматривают развитие кризисных явлений во времени.

Данная работа посвящена построению системно-динамической модели [8—11] кредитного риска на примере нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей компании. Модель далее используется для определения макроэкономических сценариев, приводящих к дефолту компании. С помощью основных инструментов, которыми оперирует системная динамика, компания представляется в виде системы непрерывно взаимодействующих между собой элементов и внешних макропараметров. Все элементы и выявленные между ними связи выражаются функциональными зависимостями и дифференциальными уравнениями, совокупность которых и задает динамику компании, определяя тем самым ее реакцию на различные макроэкономические сценарии.

Статья имеет следующую структуру. В первом разделе рассматриваются основные принципы системной динамики, на которых основан процесс построения системно-динамической модели кредитного риска нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей компании. Второй раздел посвящен изложению производственной части этой модели, а третий описывает ее финансовую составляющую. В четвертом разделе представлен анализ полученных численных результатов и приведены графики, иллюстрирующие работу различных элементов системы. В разделе 5 описано использование полученной модели для построения макроэкономических стресс-сценариев, приводящих к дефолту компании.

1. Основные положения системной динамики

Родоначальником системной динамики считается Джей Форрестер. С помощью предложенных моделей в 1950-х гг. он смог показать, что нестабильность числа рабочих мест компании, с которой он сотрудничал, была обусловлена внутренней структурой фирмы и не зависела ни от каких внешних факторов. После этого идея представления сложных объектов и явлений в виде системно-динамических моделей получила активное распространение, формальное описание и собственные средства

компьютерного моделирования. Классическими, фундаментальными трудами, посвященными системной динамике, можно назвать книги Форрестера «Индустриальная динамика» [12], «Мировая динамика» [11] и «Динамика развития города» [10], раскрывающие применение указанного подхода к моделированию города как динамической системы, а также работу Д. Стермана «Бизнес-динамика» [8].

На данный момент системная динамика продолжает развиваться и является эффективным методом имитационного моделирования, позволяющим исследовать не только структуру, но и динамику сложных систем.

При разработке системно-динамической модели выделяют два основных этапа. На первом этапе должно быть получено описание модели в виде потоковых диаграмм и определены характеристики взаимодействия различных ее частей. Затем на втором этапе полученная модель уточняется с помощью компьютерной симуляции, тестирования различных гипотез о ее поведении и проверке построенных взаимосвязей на тестовых данных.

Основным способом описания системно-динамических моделей являются потоковые диаграммы. Ключевыми понятиями, на которых основана концепция данного представления, можно назвать «потоки», «накопители», «связи», «обратные связи» и «вспомогательные переменные». Потоки определяют изменение состояния системы во времени. Накопители отражают текущее состояние системы, при этом они аккумулируют определенный материальный или нематериальный фактор и изменяются путем влияния на них входящих и исходящих потоков. Таким образом, динамическое поведение системы, т.е. изменение системы во времени, возникает вследствие интегрирования потоков в накопителях. Простейшим примером взаимодействия потоков и накопителей может служить диаграмма, изображенная на рис. 1.

Состояния накопителей всегда выражаются в заданных исследователем единицах измерения (в построенной модели это млн руб. или млн тонн). Потокам соответствуют единицы размерности связанного с ними накопителя за единицу времени (для данной модели это млн руб. за квартал или млн тонн за квартал). Очевидно, что единицы из-

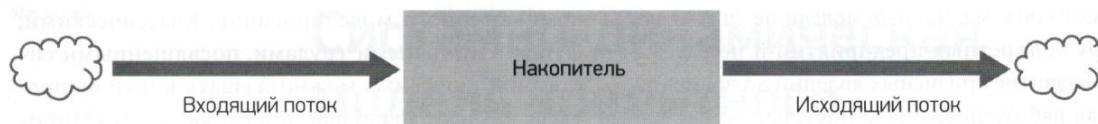


Рис. 1. Простейшая потоковая диаграмма, включающая в себя два потока и один накопитель

мерения потоков на входе и на выходе накопителя всегда совпадают.

Потоки, определяющие состояния различных частей системы, могут изменяться независимо, с некоторым фиксированным темпом, но чаще всего они взаимодействуют с другими элементами модели при помощи связей. Связи отражают наличие влияния на поток совокупности некоторых факторов, при этом факторы могут быть как независимыми элементами, так и представлять определенную функциональную зависимость от других элементов. Характер влияния выражается в виде математической формулы. Накопители ($S(t)$) аккумулируют (интегрируют) потоки, которые обеспечивают их изменение. Представленная на рис. 1 структура имеет следующую математическую интерпретацию:

$$S(t) = \int_{t_0}^{t_1} [S_+(x_1, \dots, x_n, \tau) - S_-(x_1, \dots, x_n, \tau)] d\tau + S(t_0),$$

где $S_+(x_1, \dots, x_n, \tau)$ представляет собой количество входящего потока за единицу времени в момент времени τ , а $S_-(x_1, \dots, x_n, \tau)$ — аналогичное количество исходящего потока. То же самое можно записать в виде дифференциальных уравнений:

$$\frac{dS}{dt} = \text{чистое изменение накопителя в единицу времени} = S_+(x_1, \dots, x_n, t) - S_-(x_1, \dots, x_n, t).$$

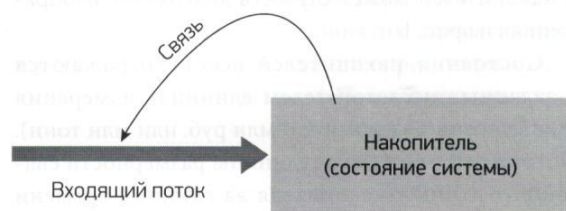


Рис. 2. Элементарная петля обратной связи

Существенным механизмом, задающим поведение системы, являются обратные связи. Они определяют, каким образом некоторый элемент косвенно влияет на самого себя путем прямого влияния на другие элементы системы. Петли обратных связей могут вести к изменению в том же направлении, что и первоначальное изменение рассматриваемого элемента, тогда они называются усиливающими (положительными), а могут приводить к изменению в обратном направлении, такие петли называются балансирующими или отрицательными. В контексте потоковых диаграмм обратные связи изображаются так, как показано на рис. 2.

Математически обратная связь может быть представлена в виде дифференциального уравнения:

$$\frac{dS}{dt} = S_+(x_1, \dots, x_n, S, t).$$

Вспомогательные переменные обеспечивают возможность описания функциональных зависимостей и используются для представления зависимых или независимых элементов системы, влияющих на ее динамику, но не являющихся ни потоками, ни накопителями.

2. Производственная часть системно-динамической модели компании Башнефть

Для построения системно-динамической модели был проведен анализ отчетности компании Башнефть, занимающейся нефтедобычей и нефтепереработкой нефти, за период 2010—2015 гг. Компания ведет добычу с 1932 г. и разрабатывает около 170 месторождений на территории Башкортостана, Татарстана, Оренбургской области и Ханты-Мансийского автономного округа. Общий объем ее добычи составляет более 17 млн тонн нефти в год [13]. На основе отчетности и информации из других открытых источников были выявлены структу-

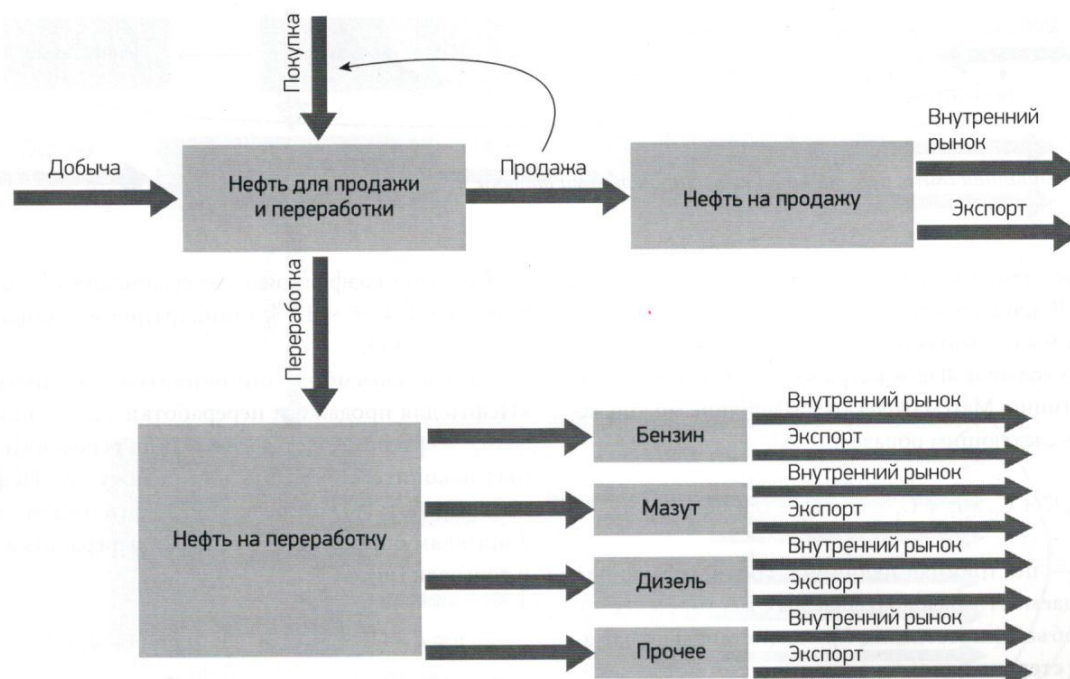


Рис. 3. Поточковая диаграмма производственной части компании

ра предприятия и взаимосвязи его элементов как сложной системы, подвергаемой анализу путем моделирования средствами системной динамики. Необходимо отметить, что события 2016 г., связанные с покупкой этой компании ПАО «Роснефть», при построении модели не учитывались.

В качестве параметров, оказывающих влияние на развитие компании, а следовательно, и на ее устойчивость, рассматриваются цены на нефть и нефтепродукты, курс доллара по отношению к рублю, основная ставка налога на добычу полезных ископаемых и ставка МОСПРАЙМ как индикатор рыночных ставок, хотя это не средняя ставка кредитования предприятий, а ставка межбанковского рынка. В терминах системной динамики все эти параметры представляют собой элементарные вспомогательные переменные, то есть переменные, на которые напрямую не оказывает влияния ни один другой элемент системы.

Переходя к описанию построенной модели, разделим ее на две смысловые части, непрерывно взаи-

модействующие между собой: производственную и финансовую. В данном разделе будет рассмотрен процесс добычи, переработки и реализации нефти.

Общий объем реализуемой нефти формируется за счет добычи и закупки нефти. Некоторая ее часть продается на внутреннем и внешнем рынках, остальное перерабатывается. Производимые нефтепродукты можно разделить на основные категории следующим образом: мазут, бензин, дизельное топливо и прочие¹. Они также в некотором соотношении экспортируются и реализуются в России. Описанная таким образом производственная часть может быть представлена в виде поточковой диаграммы, изображенной на рис. 3.

Подобное представление необходимо сопроводить формальным описанием отмеченных на диа-

¹ В категорию «Прочие» включаются нефтепродукты, объем реализации которых < 0,08: низкооктановый бензин, вакуумный газойль и т.п. В качестве цены берется средняя цена по всем нефтепродуктам, которые входят в «Прочие».

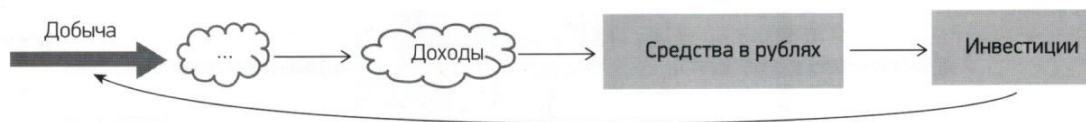


Рис. 4. Обратная связь, проходящая через поток объема добычи

грамме элементов системы и взаимосвязей между ними. В процессе анализа структуры и отчетов компании было выявлено влияние на объем добычи (V_d) вкладываемых в разработку месторождений инвестиций. Математически это влияние можно записать следующим образом:

$$V_d = 3,37 + C_0 \times U + C_1 \times U + C_2 \times U + C_3 \times U - r, (*)$$

где r — постоянная величина, соответствующая истощаемости разрабатываемых месторождений; U — объем инвестиций; C_i — константы, отражающие степень влияния этих инвестиций на добычу с различной задержкой: 4, 8, 10 и 12 кварталов соответственно каждому из индексов. Значения констант получены в результате регрессионного анализа квартальных исторических данных периода 2010—2015 гг. [14], взятых для формирования обучающей выборки. Показателям качества регрессионной модели соответствуют следующие значения: коэффициент детерминации $R^2 = 0,79$, p -значение = 5×10^{-6} , стандартное отклонение остатков = 0,101. Совокупность значений указанных показателей свидетельствует о высоком качестве построенной регрессии.

При определении факторов, влияющих на объем закупок нефти, рассмотрены указанные макропараметры и некоторые другие элементы модели, однако проведенный анализ показал прямое влияние на объем закупок лишь объема переработки. В результате на основе уже упомянутой выборки из исторических данных квартальных отчетов 2010—2015 гг. была построена регрессионная зависимость объема приобретаемой нефти (V_z) от объема переработки (V_p):

$$V_z = 0,838 \times V_p - 1,718.$$

При этом коэффициент детерминации $R^2 = 0,77$, p -значение = 7×10^{-8} , стандартное отклонение остатков = 0,13.

Таким способом пополняется накопитель «Нефть для продажи и переработки», содержимое которого распределяется затем среди вспомогательных накопителей «Нефть на продажу» и «Нефть на переработку». Распределение нефти по этим накопителям определяется потоками переработки (p) и торговли (m):

$$p = d \times (V_z + V_d) = d \times V, \quad m = (1 - d) \times V,$$

где d — доля переработки, характеризующая политику анализируемой компании. Она определяет количество нефти, готовящееся к переработке, и зависит от цен на нефть и курса доллара. Показатели качества соответствующей регрессии имеют следующие значения: $R^2 = 0,85$, p -значение = $6,4 \times 10^{-9}$, стандартное отклонение остатков = 0,02. При этом изменение доли производимых нефтепродуктов выявлено на основе исторических данных за период 2010—2015 гг. Графики, иллюстрирующие указанные зависимости, будут представлены ниже, при анализе численных результатов моделирования.

Рассматриваемая часть модели компании содержит две положительные обратные связи. Первая проходит через объем добычи (рис. 4), вторая управляет потоком покупок (рис. 5). Таким обра-

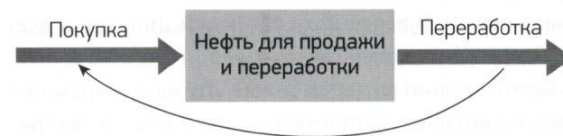


Рис. 5. Обратная связь, проходящая через поток объема покупок

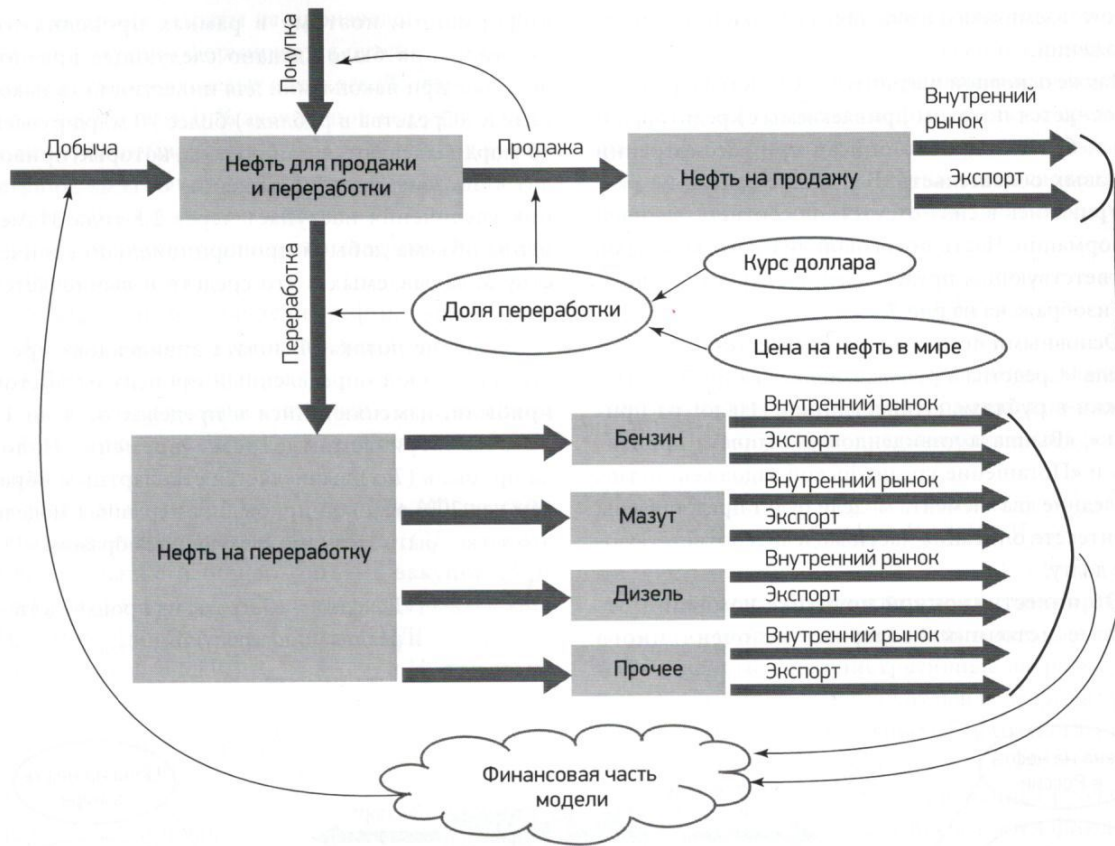


Рис. 6. Итоговый вид потоковой диаграммы производственной части модели

зом, производственный процесс регулируется путем изменения объемов добычи и покупки.

Итоговый вид потоковой диаграммы, соответствующей производственной части модели, изображен на рис. 6.

3. Финансовая часть системно-динамической модели компании Башнефть

Описание финансовой части системно-динамической модели проведем, разделив ее на три основные составляющие: доходы, расходы и долг.

Начнем с рассмотрения структуры доходов, которые компания получает за счет экспорта и продажи на внутреннем рынке нефти и нефтепродуктов. Обозначим C_i^r и C_i^{ex} цену i -го товара на внутреннем и внешнем рынках соответственно,

а V_i^r (V_i^{ex}) — объем i -го товара, реализуемого в России (за рубежом), при этом $i \in G = \{\text{нефть, мазут, дизельное топливо, бензин, прочее}\}$. Тогда формирующуюся выручку (P) компании можно выписать в явном виде:

$$P = \sum_{i \in G} (C_i^r \times V_i^r + C_i^{ex} \times V_i^{ex}).$$

При этом модель предполагает, что 90% долларовых доходов компании сразу переводятся в рубли по текущему курсу, а остальные 10% тратятся на покрытие валютных издержек. Данное предположение было введено в связи с отсутствием в отчетах достаточного для исследования количества информации о валютной политике изучаемой компании. Важно отметить, что банки имеют возможность получать всю необходимую информацию

о своих заемщиках, избавляясь от подобных предположений.

Также основной накопитель «Средства в рублях» пополняется потоком привлекаемых кредитов, который будет подробно описан при рассмотрении долговых обязательств. Валютные займы не рассматривались в силу отсутствия соответствующей информации. Часть потоковой диаграммы модели, соответствующая представленной структуре доходов, изображена на рис. 7.

Основными потоками, которые истощают накопитель «Средства в рублях», являются потоки «Иждержки в рублях», «Инвестиции», «Налог на прибыль», «Выплата дивидендов», «Выплата процентов» и «Погашение кредиторской задолженности». Последние два элемента модели будут представлены в контексте описания части модели, соответствующей долгу.

Об инвестиционной политике компании открытые источники содержат не очень много

информации, поэтому в рамках проводимого исследования было сделано следующее предположение: при накоплении для инвестиций (в накопителе «Средства в рублях») более 70 млрд рублей 40 млрд выделяются на проекты, которые приводят к постепенному повышению объема добычи, пик увеличения наступает через 2,5 года. Изменение объема добычи пропорционально количеству вкладываемых в это средств и вычисляется по формуле (*).

Значение потока «Выплата дивидендов» представляет собой определенный процент от чистой прибыли, изменяющийся в пределах от 4 до 13 на рассматриваемом отрезке времени. Налог на прибыль (*Tax*) вычисляется стандартным образом как 20% валовой прибыли, в терминах модели это может быть записано следующим образом.

$$Tax = 0,2 \times (\text{«Доходы»} - \text{«Затраты на производство и реализацию продукции»}).$$

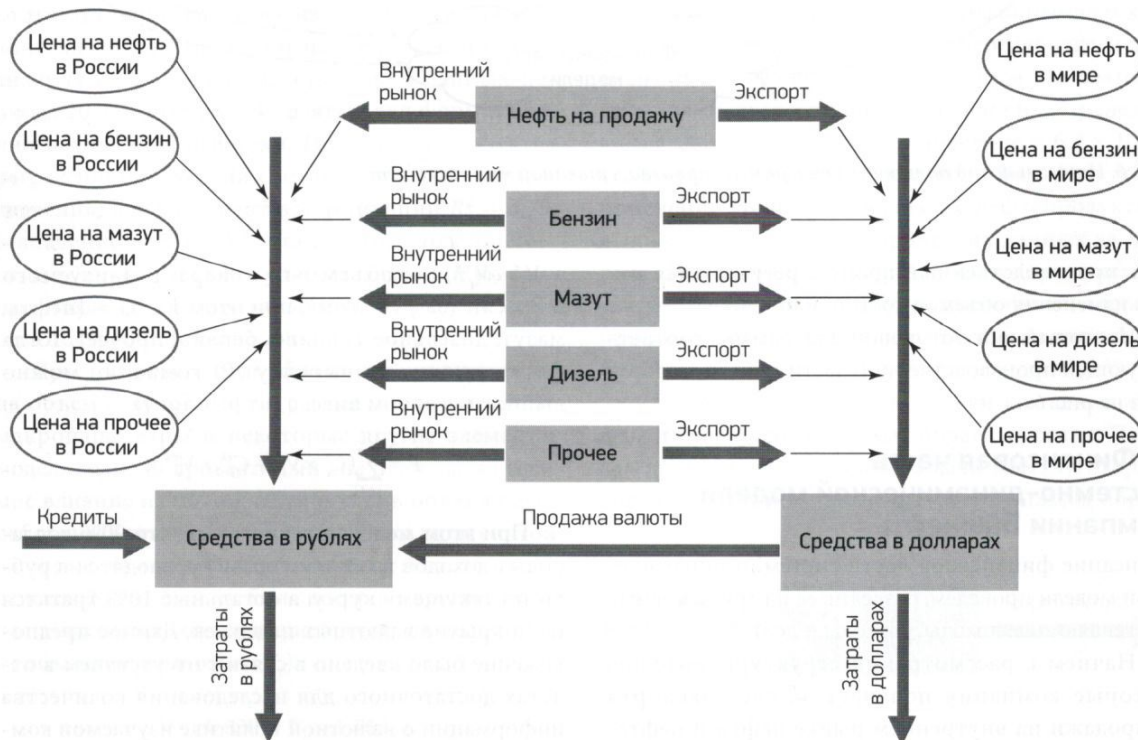


Рис. 7. Структура доходов

Суммарные затраты на производство и реализацию продукции формируются путем суммирования валютных и рублевых издержек. Долларовые затраты составляют 10% экспортной выручки и сразу же пересчитываются в рубли по текущему курсу. Затраты в национальной валюте представляются в виде суммы следующих показателей.

1. Коммерческие, общехозяйственные, административные затраты.
2. Затраты на приобретение нефти.
3. Налог на добычу полезных ископаемых.
4. Таможенные пошлины.
5. Затраты, связанные с добычей и переработкой.
6. Прочие затраты, исключая проценты по кредитам.

Затраты на приобретение нефти (Z) рассчитываются исходя из цен на нефть (C_n^r) на российском рынке и общего объема закупок (V_z): $Z = V_z \times C_n^r$. Налог на добычу полезных ископаемых (НДПИ, S_{tax}) определяется ставкой НДПИ (S_{tax_rate}) и объемом добычи (V_d): $S_{tax} = S_{tax_rate} \times V_d$, при этом

$$S_{tax_rate} = \left(\frac{C_n^{ex}}{D_{rate}} - 15 \right) \times \frac{D_{rate}}{261} \times K \times S_{tax_base_rate},$$

где C_n^{ex} — мировая цена на нефть марки Urals в долларах за баррель; D_{rate} — курс доллара к рублю; $S_{tax_base_rate}$ — основная ставка НДПИ, ежегодно устанавливаемая законом; K — некоторый агрегированный коэффициент, который отражает особенности месторождений компании, влияющие на формирование ставки НДПИ согласно Налоговому кодексу РФ [15]: степень истощенности запасов, географическое положение месторождений и т.д. (см. также [16]). Для описываемой модели значение коэффициента K было определено на основе исторических данных 2010—2015 гг. и составило 0,766109.

Таможенные пошлины рассчитываются для каждого товара на основе реализуемого объема этого товара и ставки соответствующей таможенной пошлины, которая представлена регрессионной зависимостью от макропараметров модели, а именно мировых цен на нефть и экспортируемые нефтепродукты. После чего все отдельные таможенные пошлины для каждого товара суммируются между собой, и получается общий объ-

ем выплачиваемых таможенных пошлин. В разрабатываемой модели затраты, связанные с добычей и переработкой (R), пропорциональны объемам добычи и переработки нефти, а также средним значениям удельных себестоимостей добычи (u_d) и переработки (u_p), вычисленным на основе квартальных данных об этих показателях за период 2010—2015 гг.:

$$R = u_d \times V_d + u_p \times V_p.$$

Коммерческие, общехозяйственные, административные затраты ($Comm$) в рамках данного исследования могут быть представлены в следующем виде:

$$Comm = T \times (V_z + V_d) + U \times V_d,$$

где первое слагаемое соответствует транспортным затратам, а второе включает в себя остальные общехозяйственные, административные затраты, при этом T — тариф, зависящий от цен на нефть на российском рынке; U — удельные общехозяйственные, административные затраты.

Последняя указанная составляющая рублевых затрат в данном исследовании считается фиксированной величиной в 500 млн рублей, представляя собой среднее значение прочих расходов за период 2010—2015 гг. Соответствующую структуре расходов потоковую диаграмму, являющуюся частью общей диаграммы модели, можно увидеть на рис. 8, 9.

Для завершения описания модели необходимо рассмотреть часть системы, касающуюся политики управления долгом компании. Долг (W) представлен в виде накопителя, пополняющегося с помощью потока кредитов и истощающегося потоком погашения кредиторской задолженности. Величина долга регулируется на основе пороговых значений. Достигая некоторой критической величины, сумма привлекаемых кредитов снижается, а большая часть долга гасится, затем долг опять накапливается, при этом поток кредитов постепенно увеличивается. Сокращение долга происходит через поток погашения задолженности, имеющего вид: $l \times W$, где l — коэффициент погашения, найденный по историческим данным. Все выше-



Рис. 8. Состав затрат



Рис. 9. Расчет таможенных пошлин

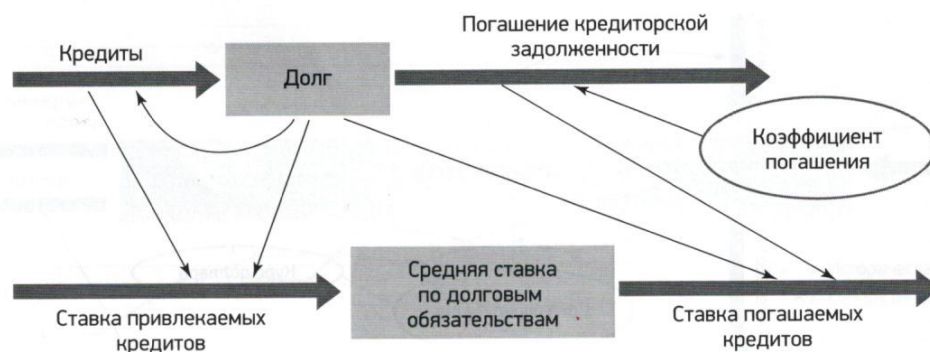


Рис. 10. Структура заимствования

сказанное можно записать в виде дифференциального уравнения:

$$\frac{dW(t)}{dt} = C^+(W, t) - l \times W.$$

Поток выплат процентов и дивидендов, выходящий из накопителя «Средства в рублях», представляет собой произведение долга на среднюю ставку по долговым обязательствам ($rate_d$), которая формируется в соответствующем накопителе:

$$rate_d = \int \frac{(C^+ \times rate_+ - C^- \times rate_-)}{W} dt,$$

где C^+ — кредиты; C^- — погашение кредиторской задолженности; $rate_+$, $rate_-$ — ставки привлекаемых и погашаемых кредитов соответственно. Поточковая диаграмма долга изображена на рис. 10.

Стоит отметить, что в данной части системы присутствует еще одна обратная связь, регулирующая поведение системы и связывающая кредиты и долг. Главная ее идея заключается в том, что количество привлекаемых кредитов напрямую зависит от объемов имеющегося на текущий момент долга. В то же время кредиты определяют объем долга компании. Таким образом, получается балансирующая петля обратной связи.

Итак, рассмотрены все основные смысловые части системно-динамической модели кредитного риска нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей компании. Наиболее полный вид потоковой диаграммы, объединяющей поэтапно представленные

элементы полученной модели, можно увидеть на рис. 11. В математическом смысле модель представляет собой набор функциональных зависимостей, как точных, так и построенных на основе исторических данных, а также дифференциальных уравнений, отражающих природу обратных связей, которые проходят через накопители.

4. Численные результаты моделирования

Для оценки адекватности модели целесообразно сравнить графики поведения различных элементов построенной модели (модельные кривые) и их реальную поквартальную динамику (исторические кривые) начиная с 2010 г. и заканчивая вторым кварталом 2015 г.²

Группа рисунков 12—14 иллюстрирует точность моделирования производства: объемов добычи, закупки и переработки нефти, доли переработки. Это основные элементы системы, характеризующие динамику производства и реализации различных категорий товаров, с которыми работает компания: нефть, бензин, мазут, дизель, прочие товары. На основании указанных графиков можно сделать вывод о достаточной близости исторической и воспроизводимой модели стратегий изменения перечисленных компонентов, а следо-

² Компьютерная реализация построенной модели и анализируемые ниже графики создавались с помощью средств системной динамики, предоставляемых специальной программой insight-maker [17].

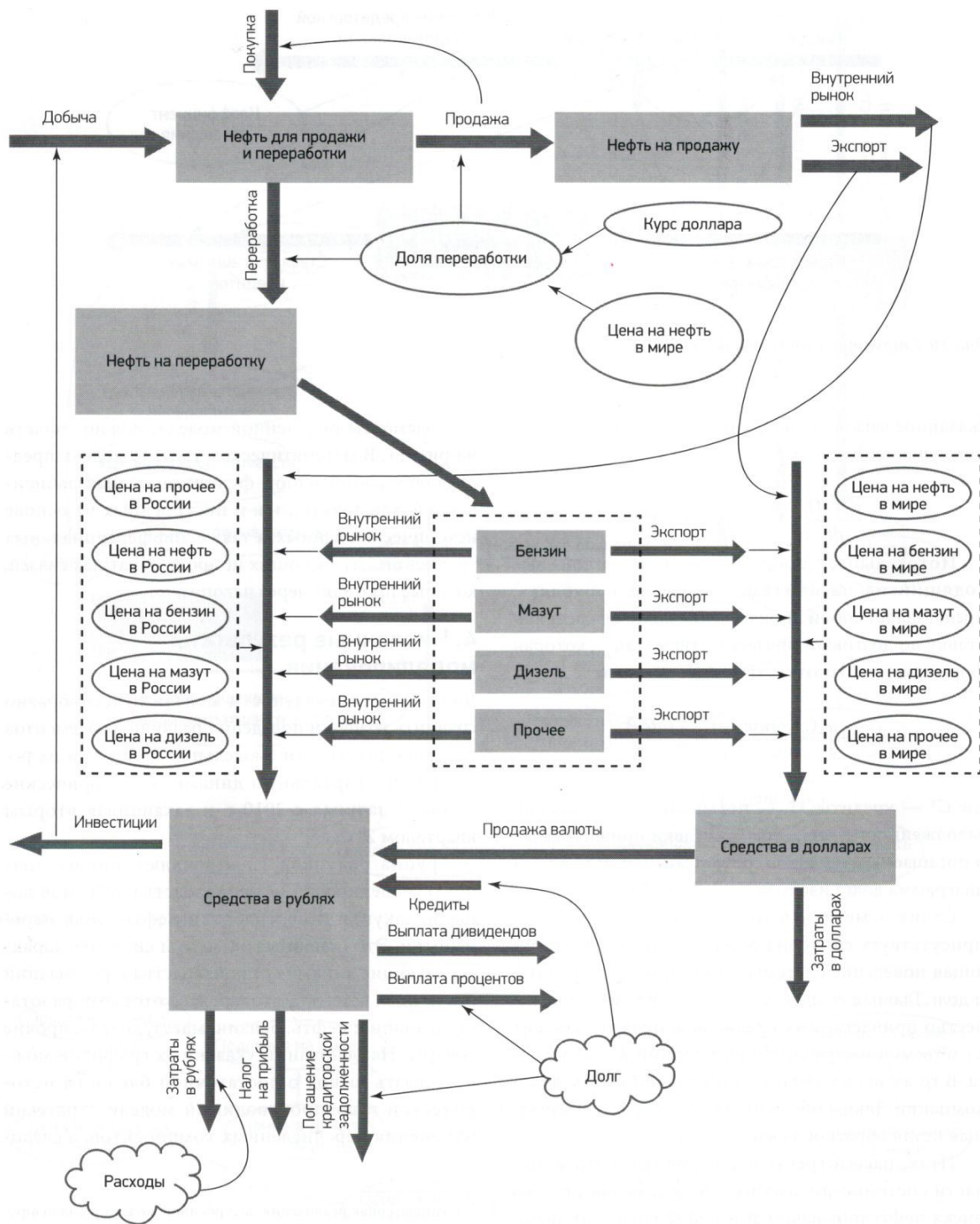


Рис. 11. Системно-динамическая модель нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей компании

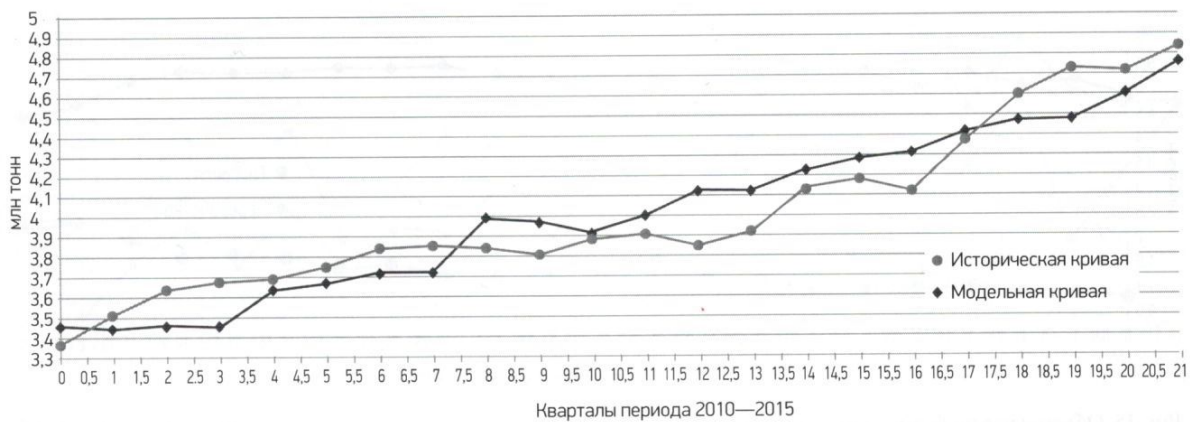


Рис. 12. Добыча нефти

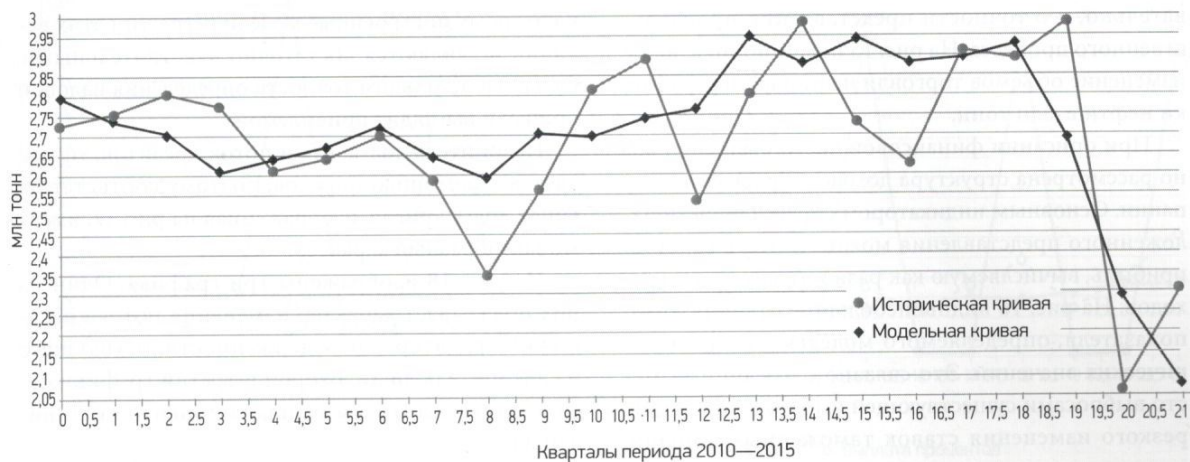


Рис. 13. Покупка нефти



Рис. 14. График доли производства, показывающий, сколько процентов от общего объема нефти идет на переработку

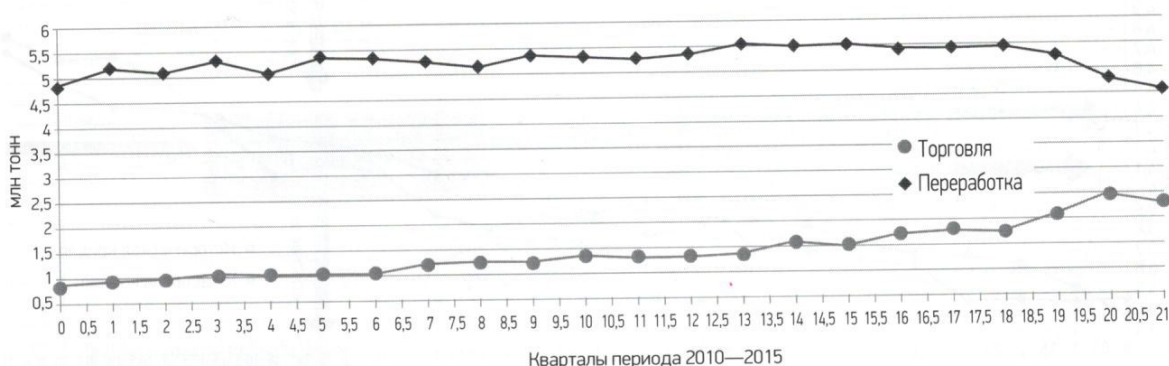


Рис. 15. Объемы переработки и продажи, млн тонн

вательно, и о точности представления производственного процесса. На рис. 15 показано модельное изменение объемов торговли нефтью и переработки нефти в млн тонн.

При описании финансовой части была подробно рассмотрена структура доходов и расходов компании. Основным индикатором справедливости изложенного представления можно считать валовую прибыль, вычисляемую как разность доходов и расходов. На рис. 16 видны небольшие отличия этого показателя, определяемого моделью, от его исторических значений. Это связано с имеющими место выбросами существующей выборки вследствие резкого изменения ставок таможенных пошлин,

к которому построенные модели регрессии этих величин не являются достаточно чувствительными. Однако в остальном точность определения валовой прибыли выглядит приемлемой.

Накопитель долга, как и поток кредитов, управляется с помощью порогов, поэтому соответствующая долгу кривая, изображенная на рис. 17, имеет зигзагообразный характер.

На рис. 18 изображены три графика. Один из них показывает характер изменения потока погашения кредиторской задолженности, исходящего из накопителя долга. Второй и третий графики соответствуют потокам выплат процентов и дивидендов.

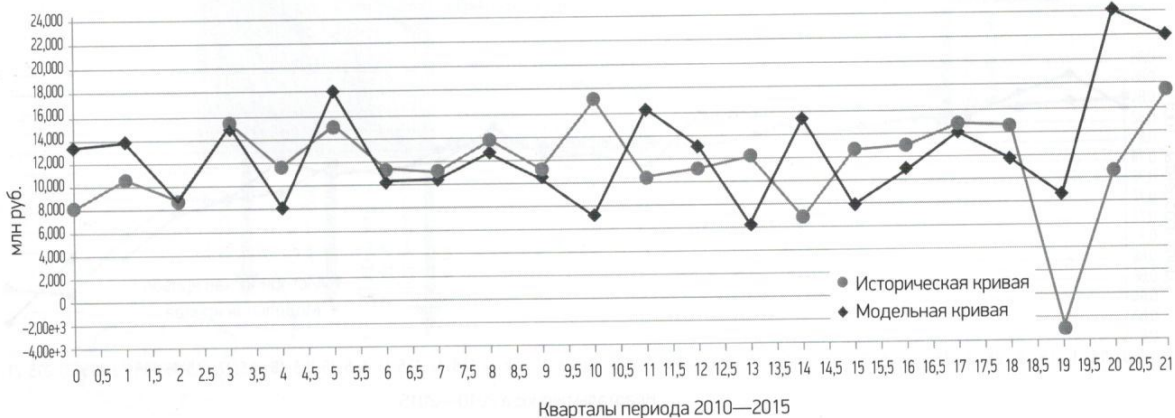


Рис. 16. Валовая прибыль компании

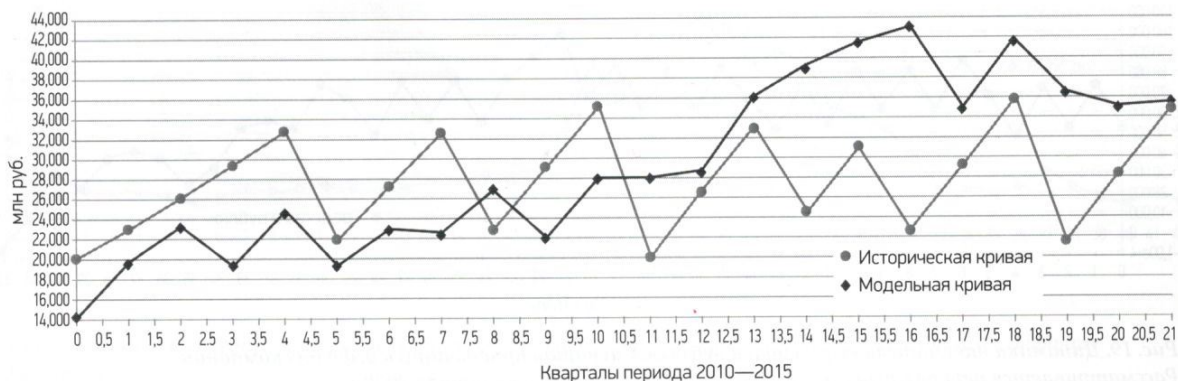


Рис. 17. Долг компании

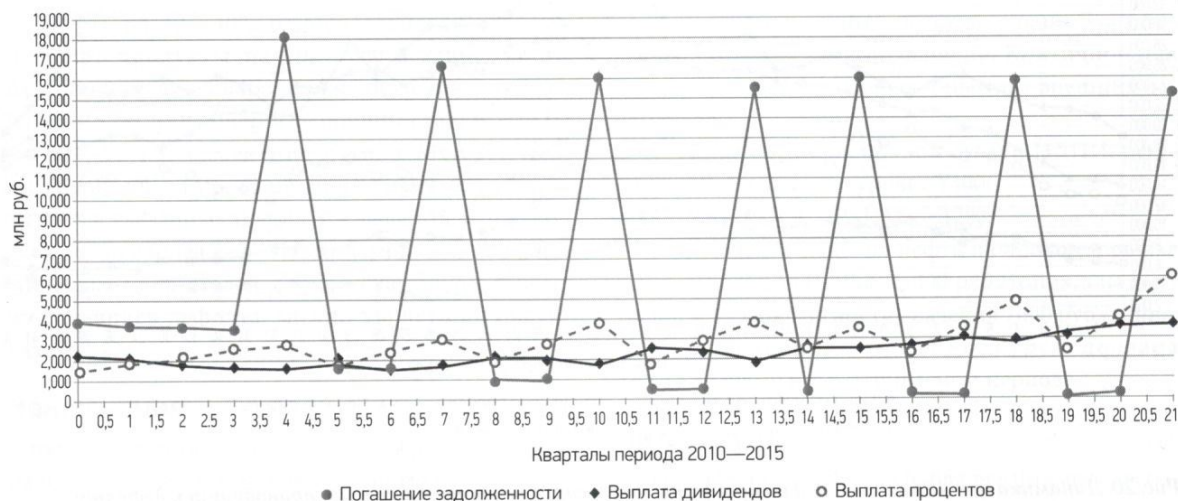


Рис. 18. Погашение кредиторской задолженности и выплата процентов и дивидендов

5. Использование системно-динамической модели для стресс-тестирования

Будем считать, что разорение компании происходит при равенстве нулю накопителя «Средства в рублях». Именно там хранятся накопления, направляющиеся при описанных выше обстоятельствах на инвестиционные проекты, а в случае критических ситуаций — на используемые для разрешения текущих проблем фирмы. В результате проведенных экспериментов был выявлен класс макроэкономических сценариев, приводящих к дефолту описанной модели к 2020 г.

Изменение интересующего нас накопителя в условиях стресс-сценария, приводящего к дефолту, представлено на рис. 19, колебания «Средств в рублях» обусловлены периодическими тратами на проекты для увеличения объемов добычи. Напомним, что в качестве параметров, влияющих на развитие компании, рассматриваются цены на нефть и нефтепродукты, курс доллара по отношению к рублю, ставка МОСПРАЙМ, основная ставка налога на добычу полезных ископаемых.

К дефолту приводит некоторая совокупность сценариев, изменяющихся в определенных пределах. Так, разорение наступает при снижении цен

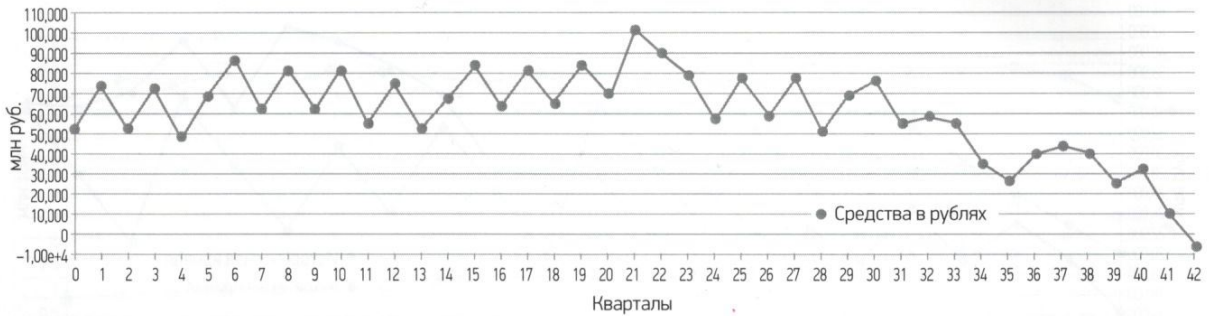


Рис. 19. Динамика накопителя «Средства в рублях». Сценарий, приводящий к дефолту компании. Рассматривается период с первого квартала 2010 г. до второго квартала 2020 г.

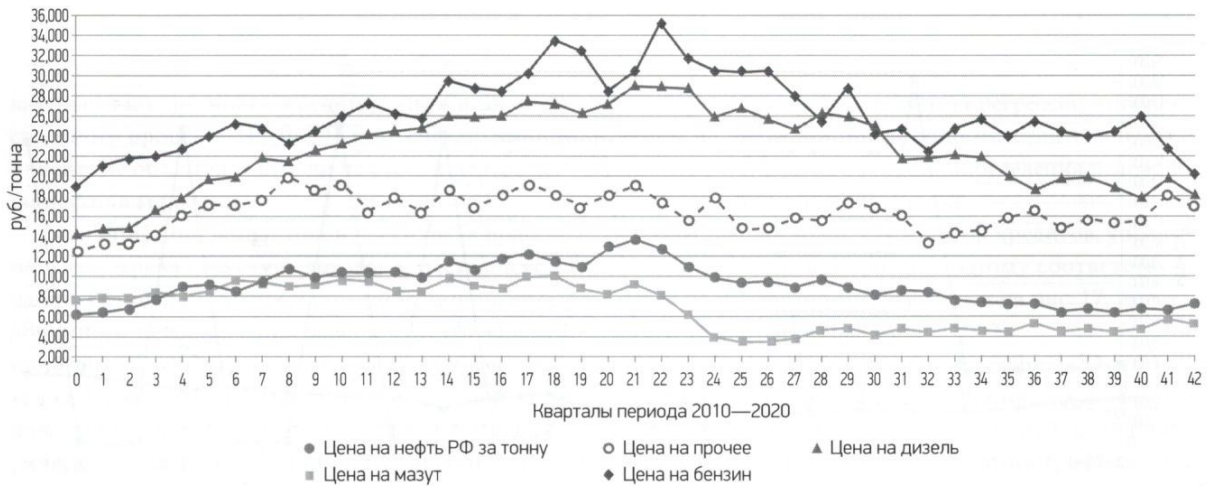


Рис. 20. Динамика цен на нефть и нефтепродукты на российском рынке. Сценарий, приводящий к дефолту компании

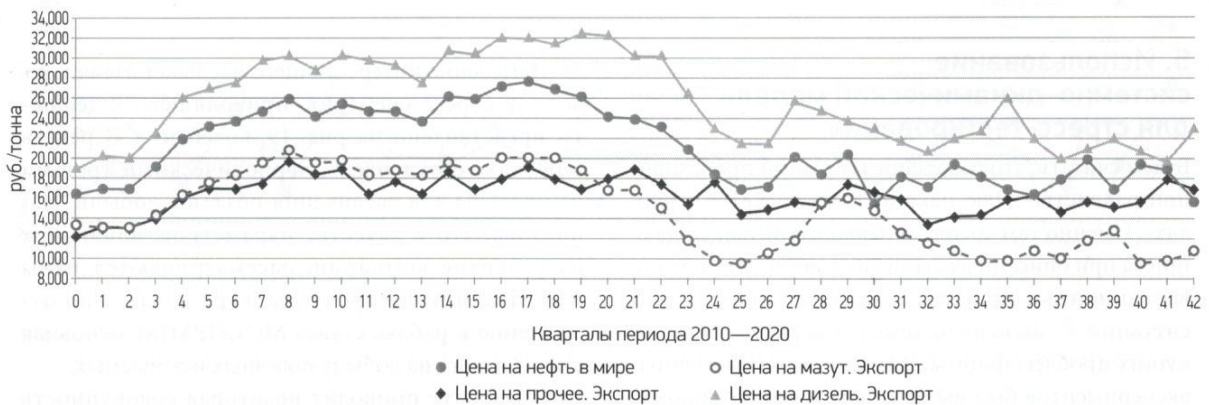


Рис. 21. Динамика цен на нефть и нефтепродукты на внешнем рынке. Сценарий, приводящий к дефолту компании



Рис. 22. Динамика среднего значения за квартал курса доллара к рублю. Сценарий, приводящий к дефолту компании

на нефть на 30—40% относительно 2015 г., цена на нефтепродукты на 10—50% в зависимости от конкретного товара, снижения курса доллара на 45—55%, увеличения основной ставки НДС на 30—40% и изменения ставки МОСПРАЙМ на уровне 11—14%. Совокупное изменение параметров в указанных пределах и задает целый набор схожих сценариев дефолта. Динамику макроэкономических показателей, соответствующую одному из сценариев дефолта, можно увидеть на рисунках 20—22.

Заключение

В рамках представленного исследования была разработана системно-динамическая модель кредитного риска нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей компании, выявлены и формализованы взаимосвязи между различными ее элементами, проведено имитационное моделирование компании, построены макроэкономические сценарии дефолта. Ряд предположений, вынуждено сделанных в связи с недоступностью некоторой необходимой информации в открытых источниках, оказался оправданным и не имел решающего значения. При этом обратим внимание, что коммерческие банки могут получить любую информацию от своих заемщиков и тем самым уточнить модель, избавившись от подобных допущений. Совокупность найденных сценариев дефолта дает представление об устойчивости компании, а дальнейшие эксперименты над моделью позволят понять, какие меры стоит предпринимать, чтобы избежать дефолта,

возникающего в данном случае в течение 5 лет после наступления стресс-сценария. Критичной для компании будет следующая динамика внешних параметров:

- установление основной ставки НДС, регулируемой законом, на уровне 1300;
- ставки МОСПРАЙМ — 12%;
- изменение цены на нефть на внешнем рынке в окрестности значения 18 000 руб./тонна, а на внутреннем — в окрестности значения 7000 руб./тонна;
- постепенное снижение курса доллара с 65 до 35 руб. в рассматриваемом периоде.

Литература

1. Principles for sound stress testing practices and supervision / Basel committee on banking supervision. 2009.
2. Guidelines on stress testing / Committee of European banking supervisors. 2010.
3. Указание Банка России от 15.04.2015 № 3624-У [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_180268/
4. Указание Банка России от 07.12.2015 № 3883-У [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_190733/
5. Flood M.D., Korenko G.G. Systematic scenario selection: stress testing and the nature of uncertainty // Office of financial research. 2013.
6. Glasserman P., Kang C., Kang W. Stress scenario selection by empirical likelihood // Office of financial research. 2012.
7. Тотьмянина К.М. Обзор моделей вероятности дефолта // Управление финансовыми рисками. 2011. № 01 (25). С. 12—24.

8. Sterman J.D. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. Boston: McGraw-Hill Companies. 2000.
9. Katalovsky D.U. Fundamentals Of Simulation Modeling And System Analysis. Moscow: Moscow University Press. 2011.
10. Forrester J.W. Urban Dynamics / Pegasus Communications. 1969.
11. Forrester J.W. World Dynamics / Wright-Allen Press. 1971.
12. Forrester J.W. Industrial Dynamics / MIT Press. 1961.
13. URL: http://www.bashneft.ru/shareholders_and_investors/finance-results/
14. Справочник аналитика [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bashneft.ru/>
15. Налоговый кодекс РФ, статья 342 [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/
16. Павлова Л.П., Блошенко Т.А., Ефимов А.В., Понкратов В.В., Юмаев М.М. Налогообложение недропользования в Российской Федерации. М.: Воентехиниздат, 2009. 496 с.
17. URL: <https://insightmaker.com/>
18. Gurný P., Gurný M. Comparison of credit scoring models on probability of default estimation for us banks // Prague economic papers. 2013.

Сведения об авторах

Куренной Дмитрий Святославович: аспирант кафедры исследования операций факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова
Количество публикаций: 2

Область научных интересов: системная динамика, оптимизация, теория игр, математическое моделирование

Контактная информация:

Адрес: 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 52

Тел.: +7 (915) 492-26-25

E-mail: dima-kurennoy@yandex.ru

Голембиовский Дмитрий Юрьевич: доктор технических наук, профессор кафедры исследования операций факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова

Количество публикаций: более 50

Область научных интересов: стохастическая оптимизация, производные финансовые инструменты, управление рисками, системная динамика

Контактная информация:

Адрес: 119435, г. Москва, Нововедичий проезд, д. 6, кв. 24

Тел.: +7 (916) 142-83-51

E-mail: golemb@cs.msu.ru