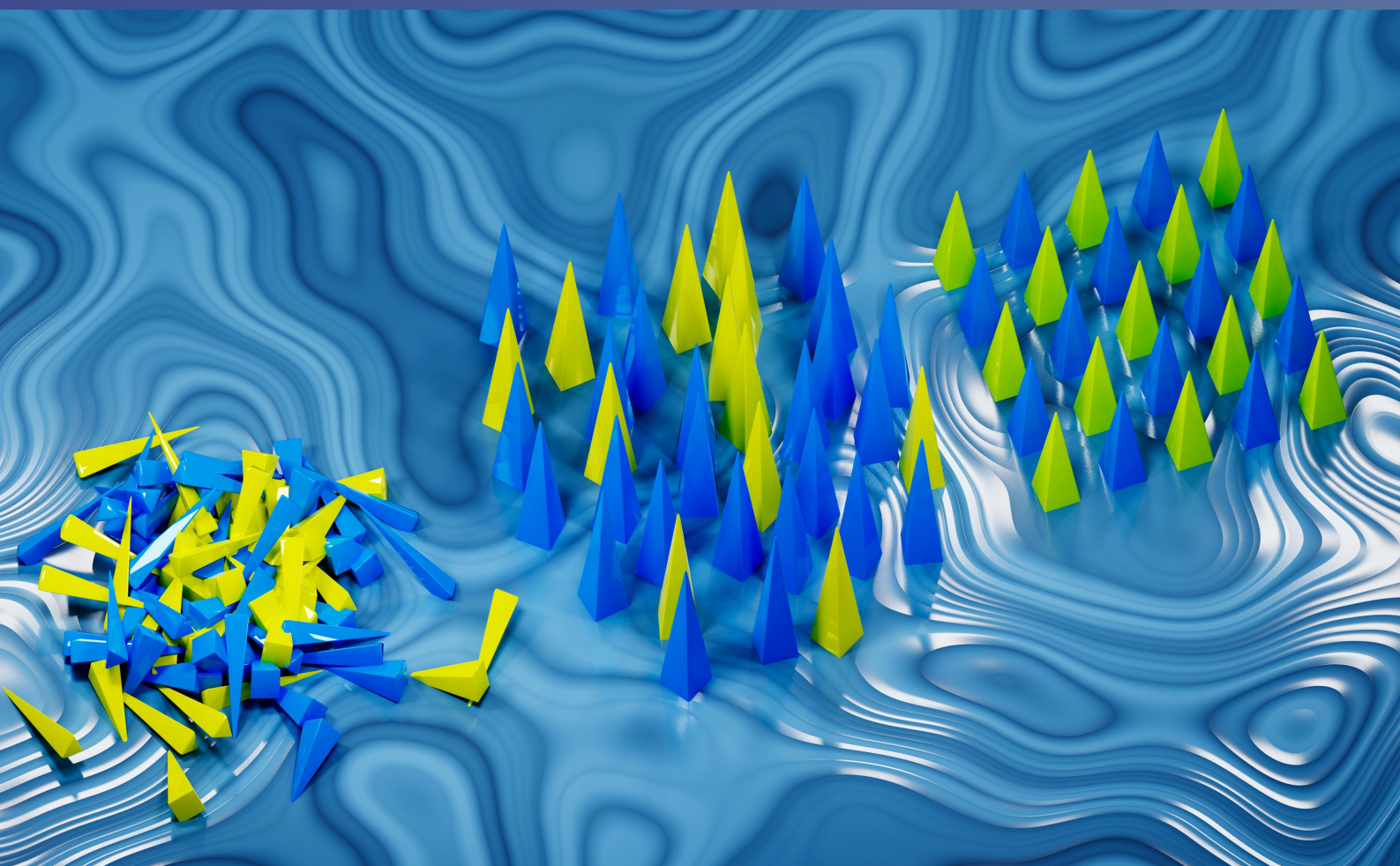


2(10)'2020

# ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА



ЦЭМИ РАН  
Москва

Редакционный совет электронного журнала «Цифровая экономика»

- Агеев Александр Иванович – д.э.н., генеральный директор Института экономических стратегий, заведующий кафедрой НИЯУ «МИФИ», профессор, академик РАН.
- Афанасьев Михаил Юрьевич – д.э.н. Заведующий лабораторией прикладной эконометрики ЦЭМИ РАН
- Бабаян Евгений Борисович – Генеральный директор НП «Агентство научных и деловых коммуникаций»
- Бахтизин Альберт Рауфович – член-корреспондент РАН, д.э.н., профессор РАН, директор ЦЭМИ РАН
- Войниканис Елена Анатольевна – д.ю.н. Ведущий научный сотрудник Института права и развития ВШЭ — Сколково.
- Гурдус Александр Оскарович – д.э.н., к.т.н., президент группы компаний «21Company».
- Димитров Илия Димитрович – исполнительный директор НКО «Ассоциации Электронных Торговых Площадок».
- Ерешко Феликс Иванович – д.т.н. профессор, заведующий отделом информационно-вычислительных систем (ИВС) ВЦ РАН.
- Засурский Иван Иванович – к.ф.н. президент Ассоциации интернет-издателей, заведующий кафедрой новых медиа и теории коммуникации факультета журналистики МГУ имени М.В. Ломоносова
- Калятин Виталий Олегович – к.ю.н., главный юрист по интеллектуальной собственности ООО «Управляющая компания «РОСНАНО»
- Китов Владимир Анатольевич – к.т.н., зам. Зав. кафедрой Информатики по научной работе РЭУ им. Г.В. Плеханова.
- Козырь Юрий Васильевич – д.э.н., ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН
- Ливадный Евгений Александрович – к.т.н., к.ю.н., Руководитель проектов по интеллектуальной собственности Государственной корпорации «Ростех».
- Макаров Валерий Леонидович – академик РАН, научный руководитель ЦЭМИ РАН
- Паринов Сергей Иванович – д.т.н., главный научный сотрудник ЦЭМИ РАН.
- Райков Александр Николаевич – д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник Института проблем управления РАН, Генеральный директор ООО «Агентство новых стратегий»
- Семячкин Дмитрий Александрович – к.ф.-м.н., директор Ассоциации «Открытая наука»
- Соловьев Владимир Игоревич – д.э.н. руководитель департамента анализа данных, принятия решений и финансовых технологий Финансового университета при Правительстве РФ
- Фролов Владимир Николаевич – д.э.н., профессор, научный руководитель проекта «Copernicus Gold».
- Хохлов Юрий Евгеньевич – к.ф.-м.н., доцент, председатель Совета директоров Института развития информационного общества, академик Российской инженерной академии
- Терелянский Павел Васильевич – д.э.н., профессор, главный научный сотрудник Научно-исследовательского института "Управления цифровой трансформацией экономики", ФГБОУ ВО "Государственный университет управления".

#### **Миссия журнала**

Миссия журнала — поддерживать высокий научный уровень дискуссии о цифровой экономике, методах ее изучения и развития, вовлекая в этот процесс наиболее квалифицированных экспертов – исследователей и практиков; доносить научное знание о самых сложных ее аспектах до тех, кто реально принимает решения, и тех, кто их исполняет. Одновременно журнал направлен на обеспечение возможности для обмена мнениями между профессиональными исследователями.

#### **Название и формат издания**

Название «Цифровая экономика» подчеркивает междисциплинарный характер журнала, а также ориентацию на новые методы исследования и новые формы подачи материала, возникшие вместе с цифровой экономикой. В современном ее понимании цифровая экономика – не только новый сектор экономики, но и новые методы сбора информации на основе цифровых технологий, психометрия и компьютерное моделирование, а также иные методы экспериментальной экономики.

#### **Тематика научных и научно-популярных статей**

Основную тематику журнала представляют научные и научно-популярные статьи, находящиеся в предметной области цифровой экономики, информационной экономики, экономики знаний. Основное направление журнала – это статьи, освещающие применение подходов и методов естественных наук, математических моделей, теории игр и информационных технологий, а также использующие результаты и методы естественных наук, в том числе, биологии, антропологии, социологии, психологии.

В журнале также публикуются статьи о цифровой экономике и на связанные с ней темы, в том числе, доступные для понимания людей, не изучающих предметную область и применяемые методы исследования на профессиональном уровне. Основная тема – создание и развитие единого экономического пространства России и стран АТР. Сюда можно отнести статьи по обсуждаемым вопросам оптимизации использования ресурсов и государственному регулированию, по стандартам в цифровой экономике. Сегодня или очень скоро это стандарты – умный город, умный дом, умный транспорт, интернет вещей, цифровые платформы, BIM-технологии, умные рынки, умные контракты, краудсорсинг и краудфандинг и многие другие.

Журнал «Цифровая экономика», № 10(2) (2020)

Выпуск № 2 2020 год

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации № ЭЛ № ФС77-70455 от 20 июля 2017 г.

Редакционная коллегия:

Козырев А. Н. – главный редактор, д.э.н., к.ф.-м.н., руководитель научного направления – математическое моделирование, г.н.с. ЦЭМИ РАН

Гатауллин Т.М. – д.э.н., к.ф.-м.н., зам. директора Центра цифровой экономики Государственного университета управления

Китова О.В. – д.э.н., к.ф.-м.н. зав. кафедрой Информатики РЭУ им. Г.В. Плеханова

Лебедев В. В. – д.э.н., к.ф.-м.н., профессор кафедры высшей математики Государственного университета управления

Лугачев М.И. – д.э.н., заведующий кафедрой Экономической информатики Экономического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Макаров С.В. – к.э.н., ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН.

Неволин И.В. – к.э.н., ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН

Ноак Н.В. – к.п.н., ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН

Скрипкин К.Г. – к.э.н., доцент кафедры Экономической информатики Экономического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Тевелева О.В. – к.э.н., старший научный сотрудник ЦЭМИ РАН

Писарева О.М. – к.э.н., заведующий кафедрой математических методов в экономике и управлении, Директор Института информационных систем ФГБОУ ВО "Государственный университет управления" (ГУУ)

Чесноков А.Н. – руководитель проекта АН2

Все работы опубликованы в авторской редакции.

Композиция на обложке Костин М. В.

Подписано к опубликованию в Интернете 29.06.2020, Авт. печ.л. 9,7

Сайт размещения публикаций: <http://digital-economy.ru/>

Адрес редакции: 117418 Москва, Нахимовский проспект, 47, комн. 516

При использовании материалов ссылка на журнал «Цифровая экономика» и на автора статьи обязательна.

© Журнал «Цифровая экономика», 2020

# СОДЕРЖАНИЕ

Слово редактора.....	4
<b>1. НАУЧНЫЕ СТАТЬИ .....</b>	<b>5</b>
1.1. Абрамов С.М, Травин С.О. Об анализе, моделировании и прогнозе статистики эпидемии коронавируса в России.....	5
1.2. Душкин Р.В. База данных для децентрализованной сети оборудования интеллектуального здания .....	20
1.3. Непейвода Н.Н. Введение в хаотическое управление (сетевой вариант).....	27
<b>2. ПЕРЕВОДЫ .....</b>	<b>45</b>
2.1. Франк Г. За пределами денег и информации: Экономика внимания .....	45
2.2. Оррелл Д. Квантовая модель блуждания финансовых опционов .....	52
<b>3. ОБЗОРЫ .....</b>	<b>65</b>
3.1. Колонин А.Г. Смогут ли криптовалюты и “искусственный интеллект на блокчейне” быть децентрализованными? .....	65
3.2. Кононенко А.А. Сети связи «Интернета вещей» – старт стратегических проектов.....	71
<b>4. МНЕНИЯ.....</b>	<b>77</b>
4.1. Козырь В.Ю. Оценка криптоактивов в российских условиях на примере оценки рыночной стоимости BTC и ETH.....	77
4.2. Луценко С.И. Сбор биометрических данных: инструмент тотальной слежки или средство для до-стижения законной цели? .....	81
4.3. Ганзя С.В. Теория и практика развития общей собственности или какое техническое задание экономисты должны подготовить для программистов? .....	88

### Слово редактора

Дорогие читатели, перед вами – второй в текущем 2020 году выпуск журнала «Цифровая экономика». Выпуск готовился в период, когда значительная доля информационных событий была связана с распространением коронавируса. Данное обстоятельство нашло отражение в тематике выпуска, но не стало для него определяющим. Все материалы выпуска, так или иначе, посвящены работе с информацией, представленной в цифровом формате и возможным последствиям цифровизации.

Как всегда, первый раздел выпуска составляют оригинальные научные статьи. На этот раз их всего три. Первая из них подготовлена чл.-корреспондентом РАН С. М., Абрамовым и д.ф.-м.н., С.О. Травиным и посвящена работе с официальной статистикой в условиях цифровизации. Тема коронавируса в ней присутствует по той причине, что именно она актуальна сегодня, как никакая другая. Авторы статьи – не специалисты по пандемиям, но они прекрасно владеют методами моделирования и показывают всем желающим учиться, как это можно делать, если конкретные обстоятельства того требуют.

Статья Р.В. Душкина – ответ на вызов урбанизированному обществу по организации для людей среды с устойчивым развитием и возможностью повышения качества жизни в различных аспектах. В статье представлено описание распределённой базы данных, предназначенной для отображения различных режимов функционирования информационных и автоматизированных систем в составе интеллектуальных зданий, а также их компонентов – в основном, различных типов периферийного оборудования (сенсоров, исполнительных устройств). Статья будет интересна учёным, инженерам и специалистам, работающим в области автоматизации зданий и сооружений и, более общо, автоматизации городского и муниципального управления.

Автор третьей статьи – известный специалист в области логики д.ф.-м.н. Н.Н. Непейвода. В его работе указана ахиллесова пята нынешних концепций бизнес-процесса – превращение людей в процессоры. Как отмечает автор, все концепции «валяются», если агенты проявляют инициативу. В работе описан метод организации деятельности в среде инициативных и ненадёжных исполнителей, каких среди нас вполне хватает. При этом уничтожается само понятие процесса и заменяется планированием по целям и приоритетам, причём приоритеты не могут выражаться действительными числами.

Раздел «Переводы» представлен двумя статьями наших уже постоянных зарубежных авторов. Одна из них, переведённая с немецкого и размещённая в нашем журнале по предложению ее автора – Георга Франка – статья об основах экономики внимания. Оригинал этой статьи был опубликован в 1999 году, то есть более 20 лет назад, но статья и поднятая автором тема остается вполне актуальной. Автор статьи показывает, что экономическая теория просто не видит целый пласт проблем, связанных с избытком информации и ограниченностью ресурсов для ее переработки, прежде всего, внимания. Поразительно, но за прошедшие двадцать лет ситуация не сильно изменилась. Вторая статья – перевод с английского препринта Дэвида Оррелла о модели квантового блуждания для финансовых опционов. Статья имеет ярко выраженную практическую направленность, цель – более точное прогнозирование цен на опционы, чем получаемое классическими методами типа формулы Блэка-Шоулза. Мы продолжаем публиковать такие материалы, чтобы показать перспективы применения математического аппарата квантовой теории в экономике. Эти перспективы много шире, чем это представляется сегодня большинству экономистов. Сдерживающим фактором служит сложность математического аппарата, но это не повод от него отказываться, как минимум, для тех, кто с математикой дружит.

В разделе «Обзоры» также представлены две публикации. Одна из них посвящена разбору возможностей популярных сегодня технологий, в том числе, технологии блокчейн, а также искусственному интеллекту и связанным с ним вопросам. Автор обзора к.т.н. А.Г. Колонин читает курс “социальной кибернетики” и работает в реальных проектах. В следующем обзоре, подготовленном А.А. Кононенко, предлагается обобщённая точка зрения на современный Интернет вещей, типовую модель и архитектуру, цифровые объекты и цифровые сервисные платформы IoT, применяемые технологии узкополосных беспроводных сетей, частотные разрешения и ограничения. Рассматриваются особенности сетей LPWAN, в частности, для федеральных сетей транспортной телематики, а также приводится описание конкретного проекта их разработки и применения для транспортного комплекса РФ.

Раздел «Мнения» включает три очень разные по тематике, содержанию и стилю статьи. Первая из них – попытка молодого автора В.Ю. Козыря применить сравнительный подход к оценке криптовалют, вторая – предостережение нашего постоянного автора С.И. Луценко о возможных побочных эффектах сбора биометрических данных, а третья – экономическое эссе об общественной собственности как альтернативе капитализму. Автор эссе – вполне успешно вписавшийся в современный российский капитализм к.э.н. Сергей Васильевич Ганзя – рассуждает о теории и практике развития общей собственности и о том, какое техническое задание экономисты должны подготовить для программистов. Как главный редактор журнала я сразу должен признаться, что излагаемую в данном эссе позицию категорически не разделяю, но считаю, что автор имеет права на свою точку зрения, если он состоявшийся специалист, серьезно относящийся к предмету, о котором решил написать.

Всем потенциальным читателям желаю, как всегда, увлекательного и не всегда легкого чтения.

Главный редактор журнала д.э.н. А. Н. Козырев



# 1. НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

## 1.1. ОБ АНАЛИЗЕ, МОДЕЛИРОВАНИИ И ПРОГНОЗЕ СТАТИСТИКИ ЭПИДЕМИИ КОРОНАВИРУСА В РОССИИ

Абрамов С. М., Травин С.О.

*В марте 2020 года стало очевидно, что эпидемия коронавируса в России будет иметь достаточно значительные масштабы и продолжительность. Для составления личных планов или планов небольших учреждений надо было как-то отвечать в каждый момент времени на простые вопросы: что нас ждет в ближайшее время? На какой фазе эпидемии мы находимся? Когда все это закончится? По сути, стало необходимым строить суждения о динамике эпидемии, рассматривая поступающую официальную статистику об эпидемии, моделируя и прогнозируя поведение этой статистики. Данная работа посвящена методам и результатам такого анализа, моделирования и прогноза.*

### Введение

В марте 2020 года стало очевидно, что эпидемия коронавируса в России будет иметь достаточно значительные масштабы и по количеству заболевших, и по продолжительности. Для составления личных планов и планов учреждений надо было как-то отвечать в каждый момент времени на простые вопросы о динамике развития эпидемии:

Что нас ждет в ближайшее время?

На какой фазе эпидемии мы находимся?

Когда все это закончится?

Для выработки ответов на эти вопросы была доступна только официальная ежедневная статистика: количество выявленных заболеваний, выздоровлений и смертей. По сути, встал вопрос: как можно анализировать и прогнозировать данную статистику. В силу объективных<sup>1</sup> и субъективных<sup>2</sup> факторов, доступная статистика далека от неизвестных истинных данных про эпидемию. Поэтому, строго говоря, *предстояло моделировать и прогнозировать не динамику эпидемии, а динамику официальной статистики об эпидемии*. Именно так и написано в заголовке данной статьи. По этой же причине мы не пытались привязать численные параметры применяемых моделей к объясняемым величинам, а всюду, где только возможно (а возможным оказалось везде), мы ушли от численного интегрирования дифференциальных уравнений, обычно лежащих в основе известных моделей 1–2, и сразу воспользовались аналитическими формулами из них вытекающими. Далее в подразделах введения мы дадим общее описание используемых нами подходов и методов решения проблемы.

### Excel — инструмент анализа, моделирования и прогноза

*Работа велась в инициативном порядке. В качестве инструмента для реализации анализа, моделирования и прогноза использовался Microsoft Excel 3–6, и в дальнейшем такой выбор не разочаровал.*

*Описываемые в данной работе исходные данные, методы и результаты доступны как Excel-файл (с макро, \*.xlsm) по ссылкам 7–8. Все исходные данные берутся для России, и результаты их обработки справедливы для России. Пока длится эпидемия коронавируса в России, данный файл будет обновляться ежедневно, обычно около полудня. То есть, по указанной ссылке файл каждый день будет новый — обновленный — его можно просмотреть в веб-браузере либо скачать для просмотра в Microsoft Excel.*

### Исходные данные для анализа, моделирования и прогноза

В качестве входных данных берется официальная статистика. В последнее время эта информация публикуется на сайте «стопкоронавирус.рф»<sup>9</sup>. Входные данные с этого сайта берутся один раз в день. При этом (Рисунок 1, Таблица 1) с сайта копируется ровно четыре значения  $T_i$ ,  $V_i$ ,  $H_i$ , и  $D_i$ . (см. рис.1). Таким образом, исходная официальная статистика является временным рядом (time-value):  $\{... (T_i, V_i, H_i, D_i) ... \}$ .

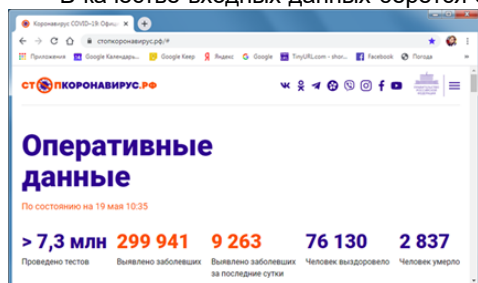


Рисунок 1. Входные данные с официального сайта «стопкоронавирус.рф»

<sup>1</sup> — Несовершенство тестов и методик, наличие невыявляемых (в том числе, бессимптомных) больных и т.п.

<sup>2</sup> — Нежелание показывать «плохую» статистику, возможные манипуляции с задержкой передачи данных.

Таблица 1. Входные данные с официального сайта «стопкоронавирус.рф»

Обозначение для формул — пояснение (название параметра в Excel-файле)	Пример данных с сайта
$T_i$ — Дата и время объявления данных (дата)	«По состоянию на 19 мая 10:35»
$V_i$ — Нарастающий итог, число зарегистрированных заболеваний (заболеваний)	«299 941 Выявлено заболевших»
$H_i$ — Нарастающий итог, число выздоровевших (выздоровело)	«76 130 Человек выздоровело»
$D_i$ — Нарастающий итог, число умерших (умерло)	«2 837 Человек умерло»

### Прямое вычисление дополнительных величин

По входным данным  $T_i$ ,  $V_i$ ,  $H_i$ , и  $D_i$  дополнительно рассчитываются следующие величины:

- $E_i = H_i + D_i$  — «выздоровело + умерло», сколько человек закончило болеть. В конце эпидемии можно ожидать, что все выявленные заболевшие либо умрут, либо выздоровеют<sup>3</sup>:  $V_i = E_i = H_i + D_i$ , если  $i$  соответствует окончанию эпидемии. Кроме того, каждое выявленное заболевание (каждая единица в  $V_i$ ), судя по всему, в среднем за 13–18–23 дня завершается либо как единица к «умерло»  $D_i$ , либо как единица к «выздоровело»  $H_i$ . То есть,  $E_i = V_{i-shift}$ , где  $shift$  — число (количество дней) в диапазоне 13–15–23. Эта величина  $shift$  также вычисляется в Excel-файле (вкладка «Входные данные», колонка «Дней лечения») и видно, что по мере развития эпидемии это число растет: от 14–13 дней – в начале апреля до 23–24 дней – в середине мая. Указанный факт иллюстрирует рост нагрузки на медицинскую систему: скорее всего, не само лечение затягивается, а срок установки и регистрации факта выздоровления.
- $S_i = V_i - E_i$  — «пока больны», сколько человек пока еще не закончило болеть.
- $\dot{V}_i = \frac{V_i - V_{i-1}}{T_i - T_{i-1}}$  — «заболеваний в день», — средняя скорость изменения  $V_i$  за сутки. Здесь надо учесть, что дата-время в Excel означает вещественное число, равное количеству суток, прошедших с начала 1900 года. А разница двух дат-времен  $T_i - T_{i-1}$  дает нам вещественное число, означающее количество (необязательно целое) суток между ними. Например:
  - $T_{12} = 27.03.2020\ 11:00:00, V_{12} = 1\ 036$
  - $T_{13} = 28.03.2020\ 21:00:00, V_{13} = 1\ 264$
  - $T_{13} - T_{12} = 1.417, V_{13} - V_{12} = 228$
  - $\dot{V}_{13} = \frac{228}{1.417} = 160.94$  — заболеваний в день, средняя скорость изменения  $V_i$  за 13-е сутки
- $\dot{H}_i, \dot{D}_i, \dot{E}_i, \dot{S}_i$  — «выздоровело в день», «умерло в день», «(выздоровело + умерло) в день», «пока больны в день» и другие скорости (изменения величин за сутки) — определяются и вычисляются аналогично  $\dot{V}_i$ .

### Общее описание динамики эпидемии, модель и прогноз

Эпидемия коронавируса в России является завозной. То есть, весь процесс можно описать следующим образом. Среди всего населения появляется несколько больных людей, которые, контактируя со здоровыми людьми, заражают их. В эпидемиологии используют параметр  $R_0$  — среднее количество здоровых людей, которых заражает один больной. Считается, что для коронавируса  $R_0 = 2 \dots 3$ .

Итак, изначальные больные заражают (в среднем) каждый по  $R_0$  здоровых. Эти люди заболевают и заражают (в среднем) каждый по  $R_0$  других здоровых и так далее... Описание соответствует тому, что наблюдается в любых иных ветвящихся процессах (цепных реакциях). А это значит, что процесс будет развиваться в геометрической прогрессии или экспоненциально во времени:  $V_i$  и  $\dot{V}_i$  будут расти по экспоненте, а показатель экспоненты будет определяться реальным значением  $R_0$  в текущих обстоятельствах<sup>4</sup>.

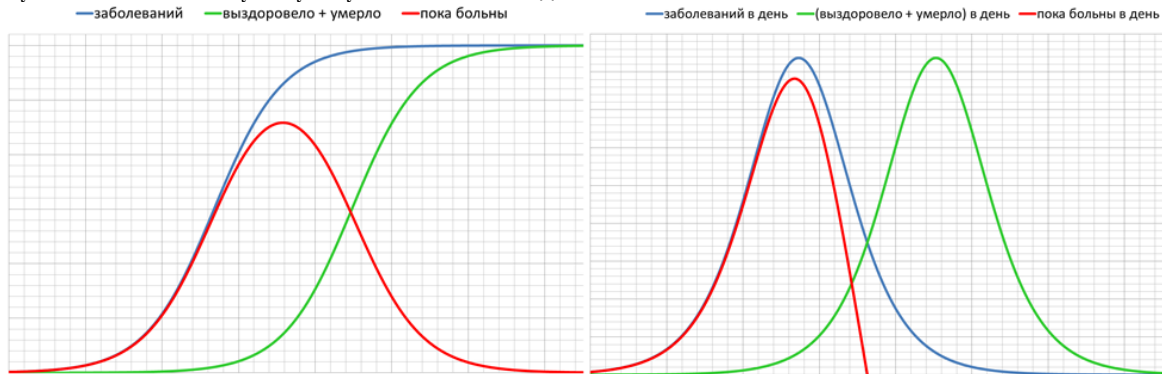
Экспонента является быстрорастущей и неограниченной функцией. Значит,  $V_i$  не может неограниченно долго развиваться по экспоненте — иначе бы  $V_i$  превысила общую численность населения. Таким образом, скорость изменения  $V_i$  — величина  $\dot{V}_i$  «заболеваний в день», — которая в начале эпидемии

<sup>3</sup> — Из-за национальных особенностей медицинской статистики это не совсем так. Некоторые выявленные заболевания по разным причинам могут не попасть в дальнейшем ни в категорию «выздоровело», ни в категорию «умерло». Но мы пока этим пренебрегаем, рассчитывая, что таких исключений будет немного. Подробнее данные нюансы рассматриваются ниже, в разделе «Моделирование и прогнозирование количества смертей в эпидемии коронавируса в России», стр. 18.

<sup>4</sup> — На значение  $R_0$  могут влиять самые различные факторы: погодные условия, плотность и «коммуникабельность» населения, действия властей — блокады мест с заражениями, иные изоляционные и карантинные меры. В конечном итоге на скорость распространения эпидемии влияет не сам итоговый параметр числа зараженных, а темп заражения в единицу времени (например, за сутки). Очевидно  $R_0$  есть не что иное, как произведение темпа передачи инфекции на среднюю продолжительность болезни, от момента подхвата инфекции до полного выздоровления или смерти больного.



тоже растет по экспоненте, постепенно должна замедлять свой рост<sup>5</sup>, пройти свой максимум и постепенно уменьшаться до нуля. Характер поведения  $\dot{V}_i$  («шляпа») и  $V_i$  (S-образный профиль) очевиден из этих, самых простых соображений, и он должен быть примерно таким, как показано ниже — см. *Рисунок 2*. Наконец, можно ожидать, что графики величин  $E_i$  «выздоровело + умерло» и  $\dot{E}_i$  «(выздоровело + умерло в день)» будут совпадать с графиками величин  $V_i$  и  $\dot{V}_i$ , сдвинутыми вправо на величину  $shift$  средней продолжительности болезни. Имея величины  $V_i$ ,  $\dot{V}_i$ ,  $E_i$  и  $\dot{E}_i$ , легко определить и  $S_i = V_i - E_i$  «пока больны» и  $\dot{S}_i = \dot{V}_i - \dot{E}_i$  «пока больны в день».



*Рисунок 2. Примерные ожидаемые (из самых общих соображений) формы графиков величин  $V_i$  «заболеваний»,  $E_i$  «выздоровело + умерло»,  $S_i$  «пока больны» (слева),  $\dot{V}_i$  «заболеваний в день» и  $\dot{E}_i$  «(выздоровело + умерло в день)»,  $\dot{S}_i$  «пока больны в день» (справа), ось абсцисс — время, ось ординат — значения величин*

**Ключевые события и фазы эпидемии.** И из этих же, самых общих соображений, мы можем выделить ключевые события, которые легко распознать на графиках и которые разбивают все течение эпидемии на различные этапы. Вот эти события:

- максимум  $\dot{S}_i$  — пиковое превышение госпитализации над выпиской;
- максимум  $\dot{V}_i$  — пиковая нагрузка на процесс госпитализации;
- максимум  $S_i$  — пиковое количество больных;
- $\dot{V}_i = \dot{E}_i$  — перекрестье, после него в день прекращают заболеть больше, чем выявляют новых больных; перелом в эпидемии, нагрузка на медицинскую систему затем начинает падать;
- максимум  $\dot{E}_i$  — пиковая нагрузка на процесс выписки;
- максимум  $V_i$  — заболели все, кому было суждено;
- максимум  $E_i$  — все закончили болеть, конец эпидемии.

В начале эпидемии мы имеем фактическую статистику, которая соответствует начальному отрезку течения эпидемии. И мы можем нанести на координатную плоскость только самые начальные точки графиков. Дальнейший анализ основан на моделировании и прогнозе.

**Основная идея моделирования.** Будем использовать некоторую математическую функцию  $f(t)$  от времени  $t$ , природа которой бы соответствовала динамике эпидемии (это обсуждается ниже) и  $f(T_i)$  приближало бы величины  $V_i$ . Как правило, такие функции, кроме аргумента ( $t$ ), содержат некоторые параметры, значения которых подбирают так, чтобы на накопленной статистике  $\{(T_i, V_i) \mid i = [1 \dots n]\}$  функция легла бы максимально тесно к имеющимся данным:  $f(T_i) \approx V_i$ , для  $i = [1 \dots n]$ . Понятие «легла бы максимально тесно» можно формализовать по-разному. Мы будем использовать метод наименьших квадратов (МНК): значения параметров функции  $f(t)$  подбирают так, чтобы минимизировать величину:  $\sum_{i=1}^n (f(T_i) - V_i)^2$ .

**Переход от модели к прогнозу.** После подбора модели — подбора функции  $f(t)$ , приближающей максимально тесно имеющиеся данные, — мы предполагаем, что и для последующих моментов наблюдения — за рамками статистики, уже в будущем,  $i > n$ , — будет тоже выполняться  $f(T_i) \approx V_i$ .

Иногда мы можем ожидать выполнения условия  $f(T_i) \approx V_i$  только для ближайших моментов времени, например, на предстоящую неделю. Тогда наша модель позволяет построить только краткосрочный прогноз.

Если же мы можем ожидать, что  $f(T_i) \approx V_i$  для большого отрезка времени, то мы можем продолжить процесс моделирования до нахождения в модельном времени (в будущем) всех ключевых точек и фаз эпидемии. И тем самым определить даты наступления ключевых точек и ожидаемые значения величин  $V_i$ ,  $E_i$ ,  $S_i$ ,  $\dot{V}_i$ ,  $\dot{E}_i$ ,  $\dot{S}_i$  в эти даты. Тем самым мы получим прогноз временных и объемных масштабов эпидемии.

<sup>5</sup> — Можно считать, что у нас соответственно изменяются коэффициенты в экспоненте. Или уменьшается  $R_0$ .

На этом мы закончим введение с описанием общих подходов и методов. Далее, в разделах основной части статьи, будут рассмотрены использованные нами модели и результаты прогнозирования на их основе.

### Простейшая модель — экспонента

В начале развития эпидемии с высокой точностью с течением времени  $V_i$  (как и  $\dot{V}_i$ ) растет по экспоненте. И хорошей моделью является функция  $f(t) = A \cdot \exp(C \cdot t)$ . Остается подобрать константы  $A$  и  $C$  из соображения «функция легла бы тесно с имеющимися данными:  $f(T_i) \approx V_i$ ».

На таком подходе был реализован краткосрочный прогноз. Расчетная схема даже была упрощена: взяв логарифм от левой и правой части условия  $f(T_i) \approx V_i$ , мы получим:  $C \cdot T_i + \ln A \approx \ln V_i$ . Построим линейную регрессию  $C \cdot t + \ln A$  для набора точек на двумерной плоскости  $\{(T_i, \ln V_i) \mid i = 1..n\}$  и определим, таким образом, коэффициенты  $C$  и  $A$  в нашей модели.

При реализации такого подхода надо учитывать: он применим только на начальном этапе эпидемии и на коротком отрезке времени — только при этих условиях с высокой точностью с течением времени  $V_i$  (как и  $\dot{V}_i$ ) растет по экспоненте. Поэтому, для построения линейной регрессии бралась не вся накопленная статистика, а только за семь последних дней  $\{(T_i, \ln V_i) \mid i = (n - 6)..n\}$ , и построенную модель можно рекомендовать использовать для прогноза только на следующую неделю.

Однако даже такая простая модель на начальном этапе развития эпидемии давала достаточно точный краткосрочный прогноз: применение ее к фактическим данным  $\{\dots (T_i, V_i) \dots\}$  за семь дней 1–7.04.2020 позволило предсказать значения  $V_i$  на следующие 7 дней с относительной погрешностью  $[-5.6\% \dots - 0.3\%]$ .

### Вторая модель — линейное уменьшение коэффициента экспоненты

Как было отмечено во введении, по мере развития эпидемии скорость роста  $V_i$  должна уменьшаться. Поэтому, если мы моделируем  $V_i$  экспонентой — функцией  $f(t) = A \cdot \exp(C \cdot t)$ , — то коэффициент  $C$  не должен быть постоянным, он должен уменьшаться. В соответствии с этим, второй соавтор предложил модель, которая использовалась нами до 26.04.2020. В этой модели значения  $V_i$  приближались экспонентой с линейно уменьшающимся коэффициентом  $C(t) = C_0 - C_1 \cdot t$ .

То есть,  $f(t) = A \cdot \exp((C_0 - C_1 \cdot t) \cdot t)$ , параметры  $A$ ,  $C_0$ ,  $C_1$  подбирались методом наименьших квадратов при помощи встроенного солвера Excel<sup>6</sup>, минимизировалась величина  $\sum_{i=1}^n (f(T_i) - V_i)^2$ , рассчитываемая по всей накопленной статистике  $\{(T_i, V_i) \mid i = 1 \dots n\}$ . Модель позволяла не только строить более точные краткосрочные прогнозы, но и моделировать весь процесс до момента завершения эпидемии, получая оценки сроков и значений величин для всех ключевых точек в эпидемии. Однако мы не будем подробно на этом останавливаться, поскольку эта модель была заменена более совершенной, описанной в следующем разделе.

### Третья модель — гиперболический тангенс

В дальнейшем вторым соавтором была предложена и обоснована новая модель. Дело в том, что все (почти без исключения) саморазгоняющиеся процессы на поле с ограниченными ресурсами, от автокатализа до размножения кроликов, подчиняются одному и тому же закону: они описываются одной и той же функцией  $f(t)$ . Эпидемия в замкнутом обществе людей — не исключение. В работах по экологии и смежным областям эту функцию называют сигмоидой, логистической функцией, функцией Ферми–Дирака. Сигмоида  $f(t)$  — гладкая монотонная возрастающая нелинейная функция, график которой (см. Рисунок 3, синюю или зеленую линию) напоминает форму буквы «S», и которая растет от 0 до некоторой величины  $2N_0$ . Сигмоида через гиперболический тангенс (th) выражается следующим образом:

$$f(t) = N_0 \cdot \left(1 + \operatorname{th}(k \cdot (t - \tau))\right) \quad (1)$$

Суть третьей модели состоит в том, что мы будем приближать  $V_i$  именно этой функцией, подбирая МНК оптимальные значения параметров  $N_0$ ,  $k$ ,  $\tau$ .

Физический смысл параметров  $N_0$ ,  $k$ ,  $\tau$  прозрачен:

- Параметр  $N_0$  — это половина общего числа всех зараженных во время эпидемии.
- Параметр  $k$  — отвечает за темпы протекания эпидемии — это коэффициент сжатия или растяжения времени  $t$ . Карантинные меры могут влиять на  $k$ .
- Параметр  $\tau$  — сдвиг по времени. В разных странах коронавирус завезли в разное время.

**Предложенная модель тесно связана с природой эпидемии.** А именно: неограниченная обычная экспонента  $f(t) = A \cdot \exp(C \cdot t)$  является решением дифференциального уравнения:  $\dot{f} = C \cdot f$  — скорость (роста)  $f$  прямо пропорциональна текущей величине  $f$ . Переформулируем для эпидемии: скорость появления новых заболеваний тем выше, чем больше у нас уже заболевших. Это верно на начальных этапах, но неверно, когда мы приближаемся к насыщению — к предельному числу заболеваний в данной эпидемии. Легко проверить прямой подстановкой (выкладки опускаем), что логистическая функция (1) является решением дифференциального уравнения:

<sup>6</sup> — Меню/ Данные/ Поиск решения.

$$\dot{f} = \frac{k}{N_0} \cdot (2N_0 - f) \cdot f \quad (2)$$

Из (2) видно, что если  $f$  много меньше  $2N_0$ , то величину  $C = \frac{k}{N_0} \cdot (2N_0 - f)$  можно считать постоянной и уравнение (2), по сути, совпадает с дифференциальным уравнением экспоненты  $\dot{f} = C \cdot f$  с коэффициентом  $C = 2k$  — скорость (роста)  $f$  прямо пропорциональна текущей величине  $f$ . Но по мере приближения  $f$  к насыщению — к  $2N_0$ , — скорость  $f$  будет уменьшаться, стремясь к нулю.

Как указал Аркадий Климов в частной переписке, уравнение (2) является уравнением развития эпидемии в самой простой модели эпидемии «SI» — когда рассматриваются только категории S (susceptible — восприимчивый) и I (infected — зараженный), без рассмотрения категорий R (recovered — выздоровел) и E (exposed — заражающий) <sup>2</sup>. Таким образом, использование функции (1) для приближения величин  $V_i$  — это переход к классической модели SI или SIR развития эпидемии. По нашему мнению, для России рассматривать более сложные модели, например, SEIR, не имеет смысла, потому что:

- входные данные для моделирования недостаточно полны и достоверны — имеются проблемы с диагностикой и регистрацией (как заболевания, так и выздоровления или причин смерти), и присутствует искажение статистики по внутривластным мотивам;
- по сути, приходится моделировать не саму эпидемию (для нее математическую модель построить можно), а ту информацию об эпидемии, которую службы страны смогут и захотят сделать публичной.

### Прогнозирование количества выявленных заболевших

После 26.04.2020 прогноз количества выявленных заболевших в нашем Excel-файле был переведен на использование функции  $f(t)$ , задаваемой уравнением (1). При этом, параметры  $N_0$ ,  $k$  и  $\tau$  находятся методом наименьших квадратов (МНК) при помощи встроенного солвера Excel. То есть, параметры  $N_0$ ,  $k$  и  $\tau$  находятся из условия минимизации величины  $\sum_{i=1}^n (f(T_i) - V_i)^2$ , рассчитываемой по всей накопленной статистике  $\{(T_i, V_i) \mid i = 1 \dots n\}$ .

После подбора параметров функции  $f(t)$ , приближающей максимально тесно имеющиеся данные, — мы предполагаем, что для последующих<sup>7</sup> моментов наблюдения — за рамками статистики, уже в будущем,  $i > n$ , — будет тоже выполняться прогноз  $V_i = f(T_i)$ .

### Прогнозирование остальных значений

Мы уже отмечали, что график величины  $E_i$  «выздоровело + умерло» скорее всего будет совпадать с графиком величины  $V_i$ , сдвинутым вправо на некоторую величину *shift* — среднюю продолжительность болезни. Практика показала (обсуждено выше), что средняя продолжительность болезни не является постоянной: по мере развития эпидемии растет нагрузка на систему здравоохранения и это, по всей видимости, влечет увеличение продолжительности болезни. Поэтому, разумнее приближать величины  $E_i$  своей логистической функцией:

$$g(t) = N_0 \cdot \left(1 + \text{th}(k_1 \cdot (t - \tau_1))\right), \quad (3)$$

которая имеет тот же самый параметр  $N_0$ , что и  $f(t)$  в формуле (1), и свои собственные параметры  $k_1$  и  $\tau_1$  — коэффициент растяжения/сжатия времени и сдвиг по времени. Параметры  $k_1$  и  $\tau_1$  находятся МНК из условия минимизации величины  $\sum_{i=1}^n (g(T_i) - E_i)^2$ , рассчитываемой по всей накопленной статистике  $\{(T_i, E_i) \mid i = 1 \dots n\}$ .

После подбора параметров функции  $g(t)$ , приближающей максимально тесно имеющиеся данные, — мы предполагаем, что для последующих моментов наблюдения — за рамками статистики, уже в будущем,  $i > n$ , — будет тоже выполняться прогноз  $E_i = g(T_i)$ .

Рассчитав прогнозные значения  $\{\dots (T_i, V_i, E_i) \dots\}$  на любой момент  $T_i$  будущего, мы вычисляем прогнозы величины  $S_i = V_i - E_i$  — «пока больны». Ниже (Рисунок 3) показаны графики  $V_i$ ,  $E_i$ ,  $S_i$ . Круглые точки на графике — значения из реальной статистики, непрерывные линии — аппроксимирующие функции и прогноз на будущее.

Посмотрите на Рисунок 3. Реальная статистика объемных величин  $V_i$ ,  $E_i$ ,  $S_i$  имеет разумное поведение, и поэтому при помощи МНК удастся тесно прижать аппроксимирующие линии к реальной статистике. И это позволяет относиться с большим доверием к последующим прогнозам.

<sup>7</sup> — Если  $T_n$  время последних доступных статистических данных — «за сегодня», — то удобно последующие моменты времени в будущем определить с шагом «одни сутки»:  $T_{n+1} = T_n + 1$ ,  $T_{n+2} = T_n + 2$  и т.д.

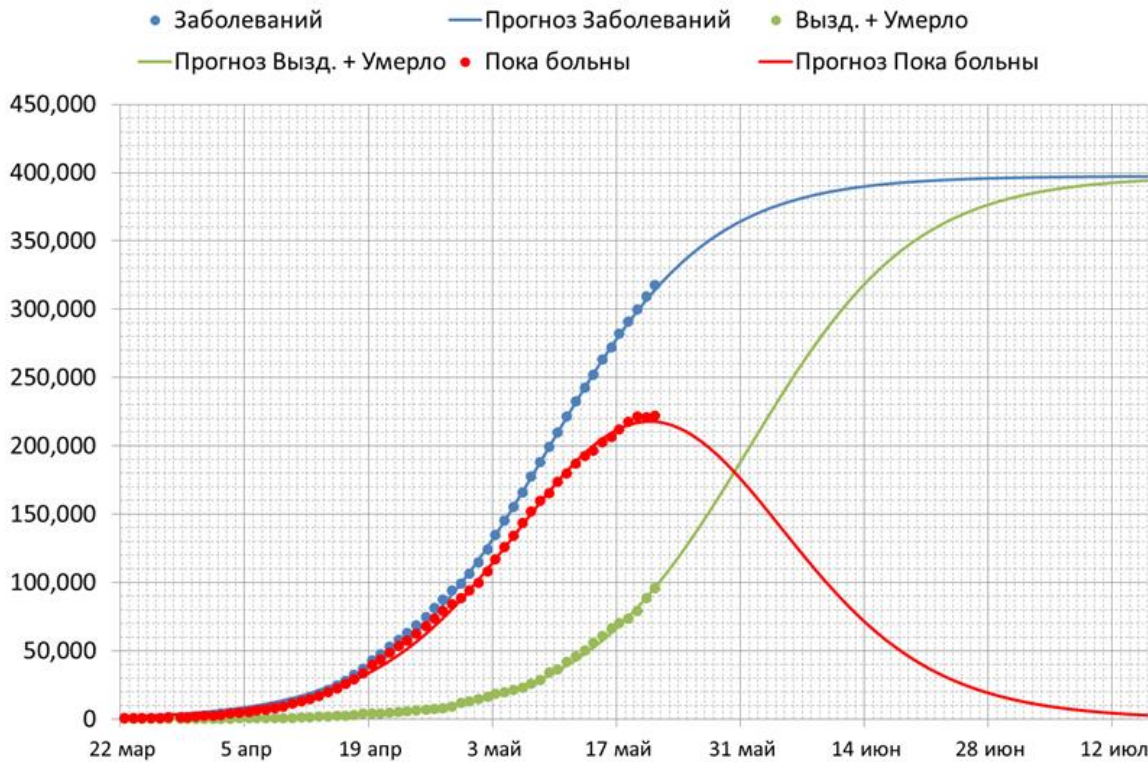


Рисунок 3. Прогноз объемных величин  $V_i$ ,  $E_i$ ,  $S_i$ , выполненный на основе статистики 16.03.2020–21.05.2020. Круглые точки — значения из реальной статистики, непрерывные линии — аппроксимирующие функции и прогноз на будущее

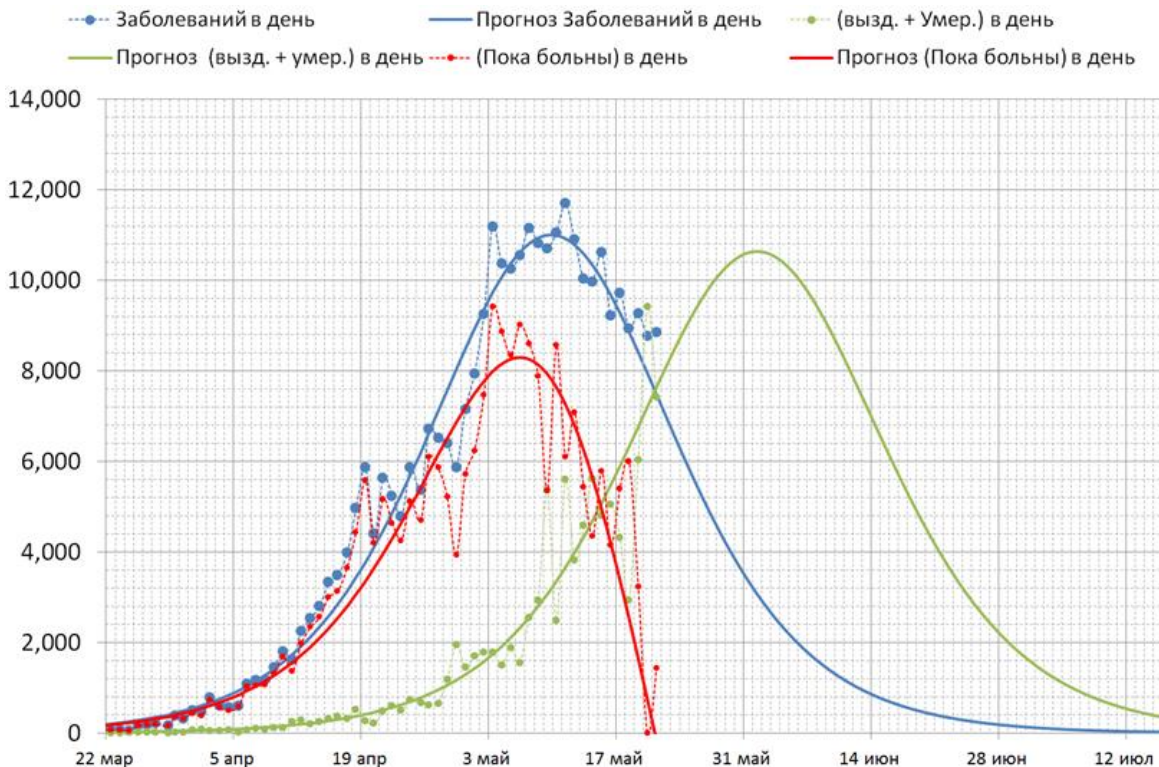


Рисунок 4. Прогноз скоростей  $\dot{V}_i$ ,  $\dot{E}_i$ ,  $\dot{S}_i$ , выполненный на основе статистики 16.03.2020–21.05.2020. Круглые точки — значения из реальной статистики, непрерывные линии — аппроксимирующие функции и прогноз на будущее

Высокую точность краткосрочного прогноза, построенного на базе третьей модели — на базе логистических функций, — подтвердила и практика. Так, аппроксимирующая функция  $f(t)$ , построенная по



формуле (1) с МНК для набора статистики за период 16.03.2020–14.05.2020, в последующие 7 дней (целая неделя) предсказывала фактические значения  $V_i$  «заболеваний» с точностью от +1.2% до +3.7%. Зная  $\{... (T_i, V_i, E_i, S_i) ... \}$  на любой момент  $T_i$  будущего, мы вычисляем прогнозы скоростей изменения этих величин, доля изменения величин за отрезок времени  $[T_i, T_{i+1}]$  на длину этого отрезка.

Ниже (Рисунок 4) показаны графики  $\dot{V}_i, \dot{E}_i, \dot{S}_i$ . Круглые точки на графике — значения из реальной статистики. Непрерывные линии — аппроксимирующие функции и прогноз на будущее. Видно, что реальная статистика скоростей  $\dot{V}_i, \dot{E}_i, \dot{S}_i$  имеет большой разброс в разные стороны от аппроксимирующих линий. И такое хаотичное поведение трудно чем-либо объяснить, кроме проблем с входными данными: вероятные трудности с диагностикой (как заболевания, так и выздоровления или причин смерти) и/или искажение статистики по внутриполитическим мотивам.

Поэтому, приемлемый по точности краткосрочный прогноз следует ожидать только на небольшой период и только для объемных величин  $V_i, E_i, S_i$ , как это было проиллюстрировано выше, но не для среднесуточных скоростей  $\dot{V}_i, \dot{E}_i, \dot{S}_i$ .

#### Дальние прогнозы, их точность и смысл

Формально мы можем продлить аппроксимирующие функции третьей модели (Рисунок 3 и Рисунок 4) сколь угодно далеко в будущее — до завершения эпидемии. Но как доверять таким прогнозам? На что можно достоверно рассчитывать и использовать? Ясно, что действовать надо осторожно, понимая, что на дальнюю перспективу мы можем получить только *общее представление* об объемах и сроках (датах).

Мы используем такой подход: смотрим на построенные модели и прогнозы и выписываем *ключевые события* из модели эпидемии — их моменты времени (даты) и достигнутые при этом величины (значения). Выше (Рисунок 3 и Рисунок 4) эти события отмечены красными значками с номером, а пояснения, значения и даты ключевых событий приведены ниже (Таблица 2).

Таблица 2. Основные результаты дальнего прогноза, выполненного 21.05.2020 на массиве данных за отрезок времени 16.03.2020–21.05.2020: значения величин и даты наступления шести ключевых событий в прогнозе протекания эпидемии

№	Краткое пояснение	обозначение ключевого события	и Значение	Дата
1	«Макс Заболело» — Достигнуто максимальное значение числа заболевших. Поставлен последний диагноз в эпидемии. Больше заболевших не будет появляться (Рисунок 3, метка 1)		397,443	11 сентября
2	«Все выздоровеют» — Немного неточно сказано: все, кто заболел — все закончат болеть, либо выздоровеют, либо умрут. Больных больше не останется (Рисунок 3, метка 2)		397,443	8 октября
3	«Макс Пока больны» — Максимальное значение тех, кто заболел, но еще не закончил болеть — пока не выздоровел и не умер (Рисунок 3, метка 3)		217,934	20 мая
4	«Макс Пока больны в день» — Максимальное значение скорости изменения (в день) величины «Пока больны» (Рисунок 4, метка 4)		8,295 в день	6 мая
5	«Макс Заболеваний в день» — Максимальное значение скорости изменения (в день) величины «Заболеваний» (Рисунок 4, метка 5)		10,996	9 мая
6	«Перекрестье» — Скорость изменения (в день) числа заболеваний сравнялась со скоростью изменения (в день) числа тех, кто прекратил болеть (выздоровел + умер). Перелом в эпидемии. Далее число тех, кто еще болеет, будет всегда уменьшаться (Рисунок 4, метка 6)		—	21 мая

Таким образом, главные результаты дальнего прогноза, выполненного 21.05.2020, это:

- Прогнозы четырех чисел «Макс Заболело», «Макс Пока больны», «Макс Пока больны в день», «Макс Заболеваний в день» — дают общую оценку (по порядку величины) значений. Не следует здесь ожидать высокой точности.
- Прогнозы для шести дат (добавлена буква D от английского слова Day — День) ключевых событий в течение эпидемии: «D Макс Пока больны в день», «D Макс Заболеваний в день», «D Макс Пока больны», «D перекрестья», «D Макс Заболело», «D Все выздоровеют».

#### Использование фазового пространства $(f, \dot{f})$ для мониторинга и дальнего прогноза

Пусть  $f(t)$  — функция, описывающая количество выявленных заболеваний в момент времени  $t$ ,  $\dot{f}(t)$  — первая производная по времени, скорость изменения в момент времени  $t$  функции  $f(t)$ . Будем на числовой плоскости  $xOy$  для разных моментов времени  $t$  наносить точки  $(x, y)$ , где  $x = f(t)$ ,  $y = \dot{f}(t)$  — получим параметрическую кривую, определяемую двумя этими уравнениями. Наша числовая плоскость  $xOy$  будет фазовым пространством  $(f, \dot{f})$ , а параметрическая кривая — траекторией нашей функции, описывающей количество выявленных заболеваний.

Предположим, что эпидемия в точности описывается логистической функцией (1), которая удовлетворяет дифференциальному уравнению (2):

$$\dot{f} = \frac{k}{N_0} \cdot (2N_0 - f) \cdot f.$$

Траектория на фазовой плоскости отвечает соотношениям  $x = f(t)$ ,  $y = \dot{f}(t)$ . Получаем следующее описание траектории:

$$y = \frac{k}{N_0} \cdot (2N_0 - x) \cdot x. \quad (4)$$

Это есть парабола! То есть, в предположении, что эпидемия в точности описывается логистической функцией (1), траектория эпидемии на фазовой плоскости  $(f, \dot{f})$ , является параболой (4) ветвями вниз, с корнями  $x = 0$  и  $x = 2N_0$ . Наконец, заметим, что  $N = 2N_0$  — это максимальное значение логистической функции, то есть, максимальное (финальное) количество выявленных заболеваний.

Данные рассуждения дают нам новый подход к дальнейшему прогнозу максимального (финального) количества выявленных заболеваний.

- Нанесем на числовую плоскость  $xOy$  точки  $(V_i, \dot{V}_i)$ .
- Рассмотрим квадратный трехчлен  $h(x) = D \cdot (N - x) \cdot x$ , с неизвестными параметрами  $D$  и  $N$ , описывающий параболу с ветвями вниз и корнями  $0$  и  $N$ .
- Подберем при помощи МНК параметры  $D$  и  $N$  так, чтобы парабола тесно легла бы к нашим точкам  $(V_i, \dot{V}_i)$ . То есть, параметры  $D$  и  $N$  подбираются из условия минимизации величины  $\sum_{i=1}^n (h(V_i) - \dot{V}_i)^2$ , рассчитываемой по всей накопленной статистике  $\{(V_i, \dot{V}_i) \mid i = 1 \dots n\}$ .
- Найденное значение параметра  $N$  является еще одним дальним прогнозом максимального (финального) количества выявленных заболеваний. Будем его обозначать «**Макс Заболело** ( $f, f'$ )».

В целом так все и реализовано в Excel-файле (Рисунок 5). Но, с учетом высоких погрешностей в статистике в средних скоростях за день  $\dot{V}_i$ , вместо них используются более сглаженные данные — средние скорости за неделю:  $\hat{V}_i = \frac{V_i - V_{i-6}}{T_i - T_{i-6}}$ .

Практика показала, что прогноз «**Макс Заболело** ( $f, f'$ )» является, скорее всего, оценкой сверху истинной величины максимального (финального) количества выявленных заболеваний, в то время как прогноз «**Макс Заболело**» — оценкой снизу. Это удобно, иметь для анализа и верхнюю, и нижнюю оценку — Рисунок 7, стр. 14.

Анализ траекторий эпидемий на фазовой плоскости  $(f, \dot{f})$  — популярный метод мониторинга процесса протекания эпидемий. С этой точки зрения отметим электронный ресурс 3, на котором представлены анимированные траектории прохождения эпидемий в разных странах на фазовой плоскости «число выявленных заболевших — скорость (число выявленных заболевших за последнюю неделю)». Если на этом ресурсе выбрать линейную шкалу (а не логарифмическую) и ту или иную страну, то можно увидеть траекторию прохождения эпидемии в этой стране.

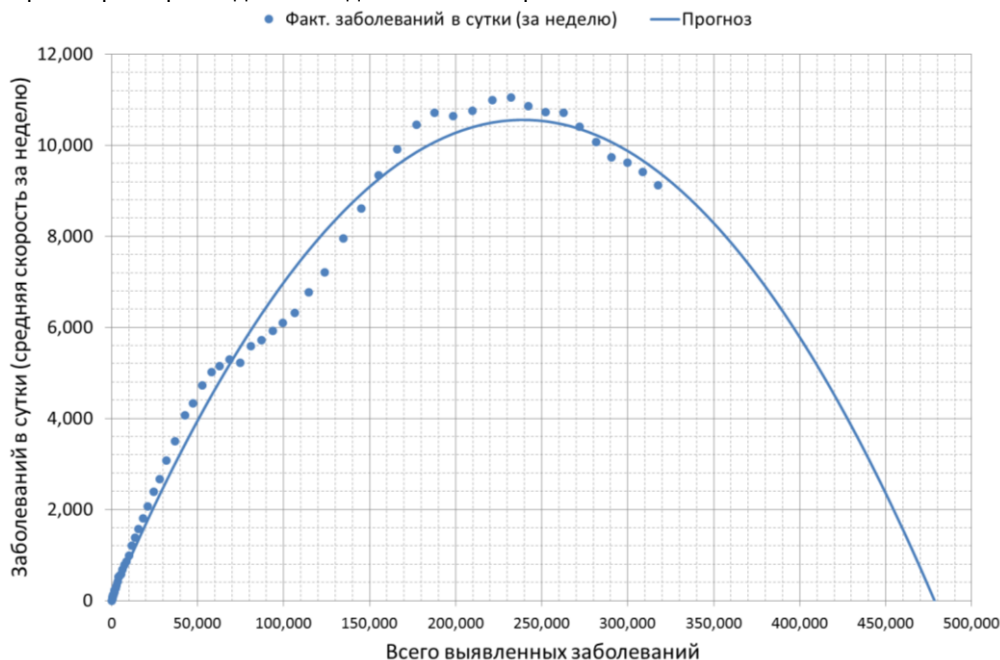


Рисунок 5. Траектория эпидемии на основе статистики 16.03.2020–21.05.2020. Круглые точки — значения  $(V_i, \dot{V}_i)$  из реальной статистики, непрерывные линии — аппроксимирующая парабола с ветвями вниз и корнями  $0$  и  $N$ .



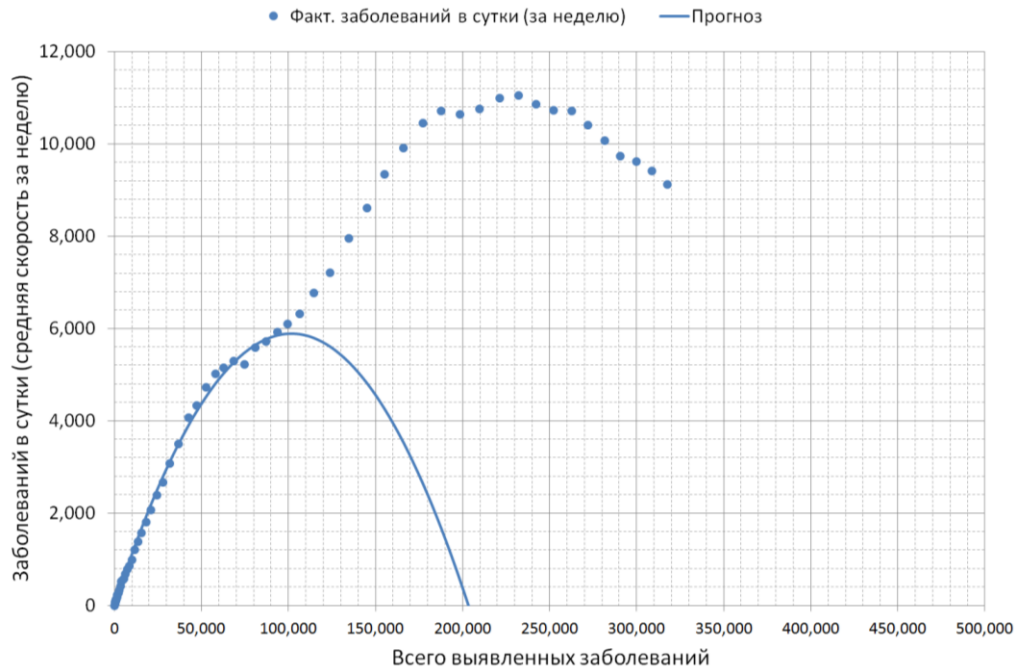


Рисунок 6. Вероятная упущенная возможность завершить эпидемию с  $N \approx 203,000$  выявленных заболеваний. Траектория эпидемии на основе статистики 16.03.2020–27.04.2020. Круглые точки — значения  $(V_i, \hat{V}_i)$  из реальной статистики, непрерывные линии — аппроксимирующая парабола с ветвями вниз и корнями 0 и  $N$ .

Эффективные действия властей приводят к тому, что траектория максимально близка к параболе. В качестве таких примеров можно посмотреть на ресурсе 3 траекторию Германии, Австрии или Турции.

В неудачных случаях (Испания) можно распознать «упущенные возможности»: траектория вот уже переваливает вершину аппроксимирующей параболы и идет вниз, но ... ситуация упускается из-под контроля, и траектория уходит на другую, более широкую, параболу. Вполне вероятно (Рисунок 6), что и Россия в 20-х числах апреля потеряла контроль над эпидемией и упустила возможность завершить эпидемию с  $N \approx 203,000$  выявленных заболеваний, а не с  $N \approx 450,000$ , как это предсказывают прогнозы сегодня (Рисунок 5).

#### Что такое «дрейф прогноза»?

Итак, мы провели 21.05.2020 дальний прогноз на массиве данных за отрезок времени 16.03.2020–21.05.2020 и получили 5 чисел и 6 дат, описывающих дальнейшее предвидение ключевых событий эпидемии.

Пройдет один день, и 22.05.2020 мы сможем повторить дальний прогноз на уже расширенном массиве данных — за отрезок времени 16.03.2020–22.05.2020. И мы, скорее всего, получим немного иные 5 чисел и немного иные 6 дат, описывающих новый дальний прогноз — новое предвидение ключевых событий эпидемии. Произойдет пересмотр — изменение, дрейф — этих 5 чисел и 6 дат. Будем называть это *дрейфом прогноза*. Так как новый прогноз будет опираться на расширенную статистику, то природа этого дрейфа — уточнение прогноза за счет расширения исходных данных.

Будем дальний прогноз *пересчитывать каждый день*, добавляя новую и новую статистику и получая каждый день дрейф прогноза — уточнение прогноза. Можно формально обосновать, что каждое из 5 чисел и каждая из 6 дат с течением времени *будет дрейфовать к своим окончательным и, в итоге, истинным значениям*. А это значит, что наблюдение за графиками (Рисунок 7, Рисунок 8, Рисунок 9) дрейфа прогноза позволяет с течением времени выдвигать обоснованные экспертные суждения о 5 численных значениях и о 6 датах ключевых событий в течении эпидемии.

**Важное обстоятельство третьей модели.** Аппроксимирующие функции  $f(t)$  — формула (1),— и  $g(t)$  — формула (3),— приближают реальную статистику  $V_i$  и  $E_i$ , которая *строго возрастает*. А это значит, что свежие данные по величине больше давних данных. И МНК автоматически будет свежие данные *учитывать с большим приоритетом*: при близких значениях абсолютной погрешности аппроксимации, *относительная погрешность аппроксимации свежих данных будет гораздо меньше*, чем у старых данных. Это одно из важных свойств, позволяющих обосновать, почему дальние прогнозы величин и дат в конце концов дрейфуют к своим окончательным и, в итоге, истинным значениям.

**Еще одно важное замечание:** видно, что иногда дрейф происходит *существенным образом и в неблагоприятную сторону* — это сигнал о потере контроля над эпидемией, произошедшей немного ранее. А вот существенный позитивный дрейф сигнализирует об удачных мерах борьбы с эпидемией.

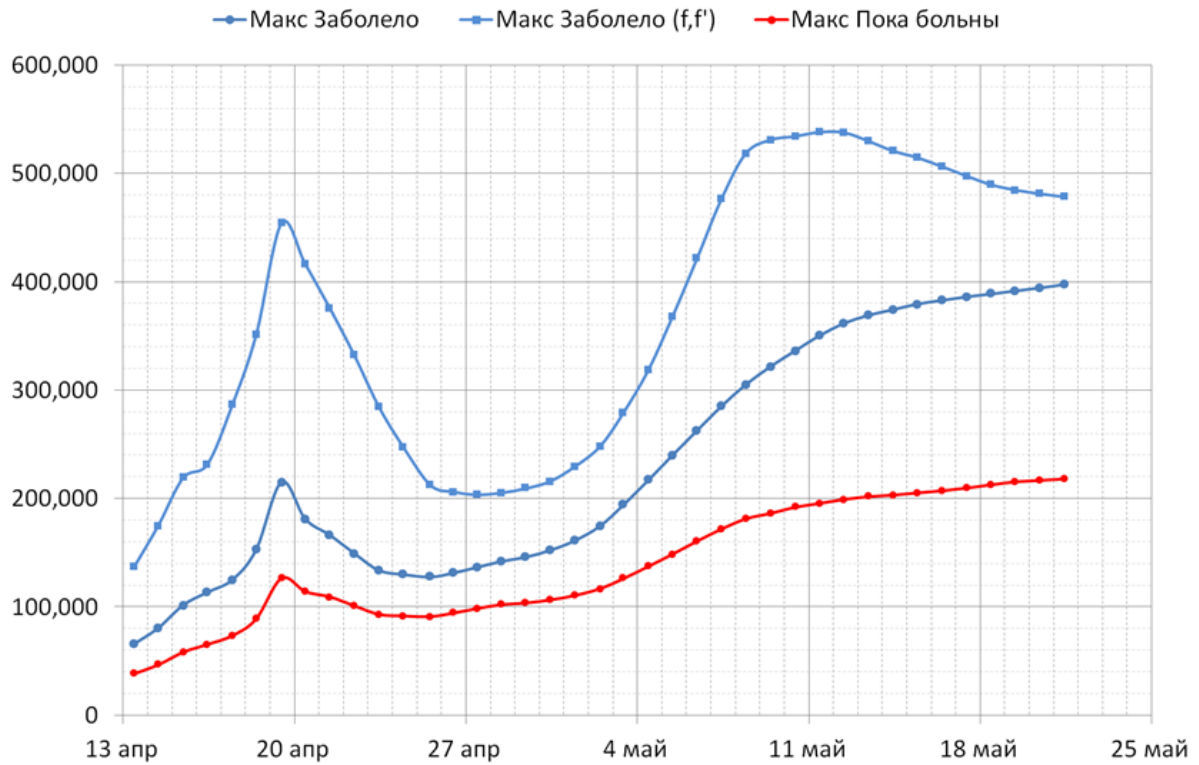


Рисунок 7. Дрейф прогноза величин «Макс Заболело» «Макс Заболело (f, f')» и «Макс Пока больны» (ось ординат — даты выполнения прогноза)

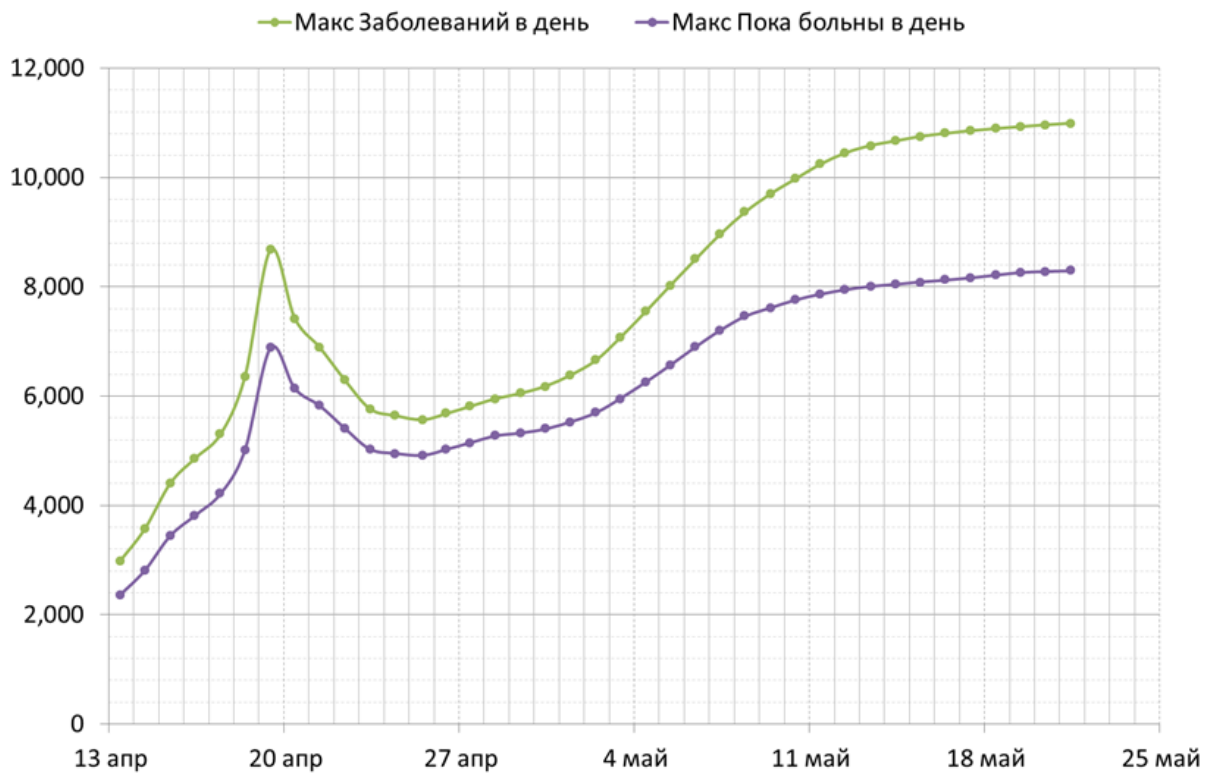


Рисунок 8. Дрейф прогноза величин «Макс Заболеваний в день» и «Макс Пока больны в день» (ось ординат — даты выполнения прогноза)

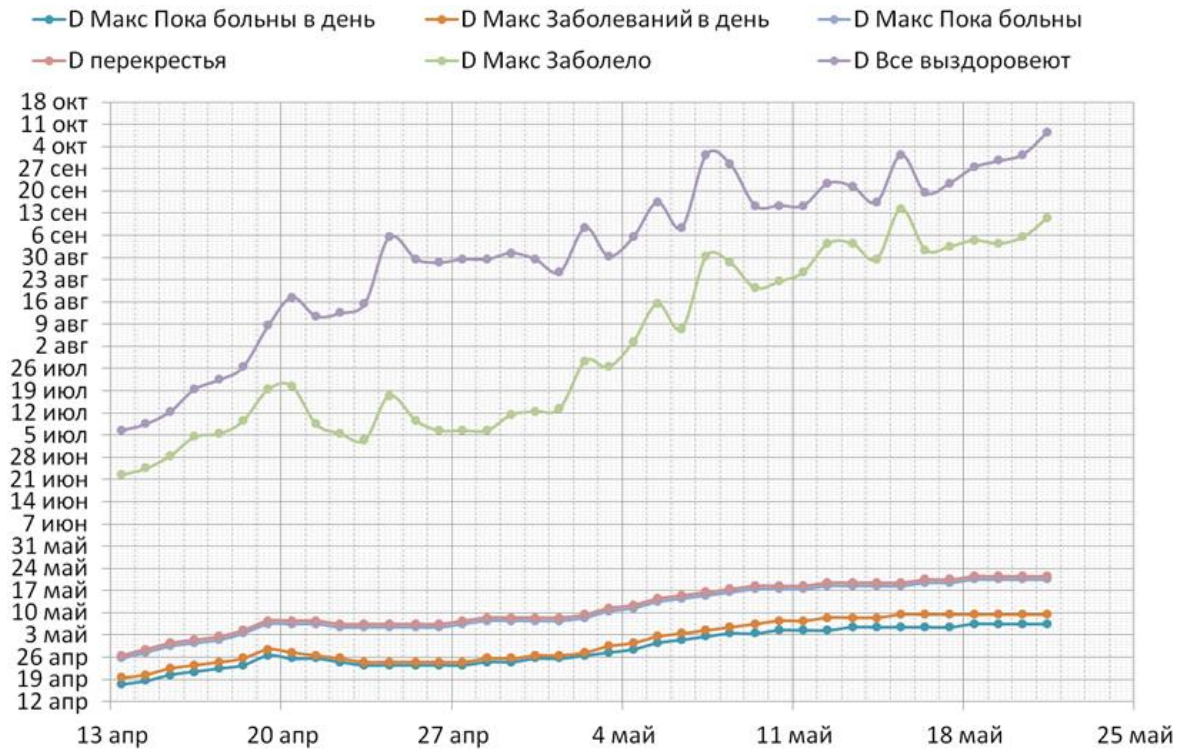


Рисунок 9. Дрейф прогноза дат наступления шести ключевых событий в протекании эпидемии (ось абсцисс — даты выполнения прогноза)

#### Как можно анализировать статистику, которая неточна, неполна и противоречива

Предложенная в данной работе методика позволяет опираться на анализ неполной и не совсем достоверной статистической информации и делать вполне надежные выводы. Как это, в принципе, возможно, поясним при помощи аналогии.

Наблюдая за айсбергом, мы всегда видим совсем малую его часть, большая часть не видна. Но, наблюдая только за видимой частью, мы можем *весьма достоверно* оценивать динамику процессов в масштабе всего айсберга. Например, можем достоверно оценивать растаявшую за отрезок времени долю айсберга, оценить скорость таяния, вычислить прогноз дат, когда растает 25%, 50%, 75% и 100% всего айсберга. Это сделать можно, оценки и прогнозы будут весьма достоверны.

Такие рассуждения проходят, если верно предположение, что видимая доля и невидимая доля наблюдаемого явления более-менее постоянны.

Так вот, для эпидемии коронавируса в России это предположение (постоянство долей «видно/не видно») более-менее верно *в начале процесса*. Пока система не перегружена (в первую очередь, система тестирования) и пока числа были *не очень страшные* с точки зрения критериев внутренней политики и отчетности регионов. А вот позже отношение долей «видно/не видно» начинает меняться и, вероятно, весьма сильно. И вот здесь помогает только одна методика, предложенная выше: *мониторинг дрейфа прогноза*.

Если постоянно следить за дрейфом прогноза, то это даст нам путеводную нить для понимания, в какой фазе находится процесс эпидемии и чего следует ждать впереди даже в условиях неточной, неполной и противоречивой статистики.

#### Моделирование и прогнозирование количества смертей в эпидемии коронавируса в России

Первоначальные идеи моделирования статистики смертей были просты. Пусть у некоторого человека выявлено заболевание covid-19. В официальной статистике это проявляется как еще одна единица в  $V_i$ . Казалось бы, должны быть predetermined (условные) вероятности:

- $q$  — вероятность перехода этого человека (через несколько  $h$  дней) в состояние «выздоровел», и это проявляется в официальной статистике как плюс единица в  $H_{i+h}$ ;
- $p = 1 - q$  — вероятность перехода этого человека (через несколько  $d$  дней) в состояние «умер», и это проявляется в официальной статистике как единица в  $D_{i+d}$ .

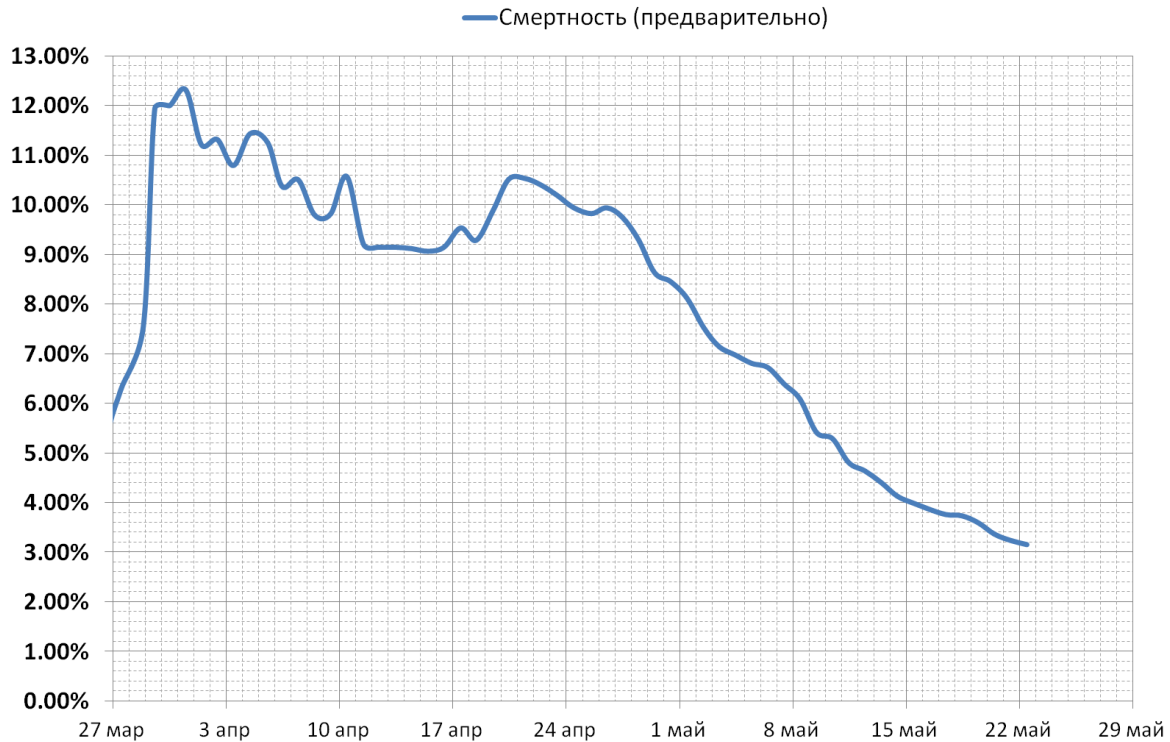


Рисунок 10. Динамика изменения величины  $p_i$  «смертность (предварительно)», статистика за период 16.03.2020–21.05.2020.

Моделирование и прогнозирование величины  $E_i$  обсуждено выше (напомним, это общее число зараженных, покинувших период болезни — в сторону выздоровления или смерти). Знание величин  $p$  и  $q$  полностью решало бы проблему моделирования и прогнозирования смертей и выздоровления:  $D_i = p \cdot E_i$ ,  $H_i = q \cdot E_i$ . При этом вероятности  $p$  и  $q$  должны быть predeterminedены долгосрочными причинами, независимыми от текущих мероприятий: природой заболевания, средним уровнем здоровья и иммунной системы у населения, состоянием медицинской системы страны. Конечно, в разумных пределах вероятности  $p$  и  $q$  могут и меняться, например, в зависимости от уровня нагрузки на медицинскую систему, которая на первом этапе эпидемии растет: на этом этапе можно ожидать некоторого увеличения  $p$  и сопутствующего спада  $q$ .

Если бы регистрация выздоровлений и смертей в медицинской статистике была такой, как описано выше, то простое отношение  $p_i = \frac{D_i}{E_i} = \frac{D_i}{D_i+H_i}$  должно было бы постепенно, все точнее и точнее, оценивать ту самую условную вероятность  $p|CV19$  — вероятность умереть после выявления заболевания covid-19. Будем называть величину вероятности  $p_i$  — «смертность (предварительно)».

Простые соображения<sup>8</sup> говорят за то, что после накопления некоторого количества (единицы тысяч) выздоровлений и смертей,  $p_i$  должно быть довольно стабильно или, возможно, немного расти. Однако, наблюдается (Рисунок 10) совершенно иная динамика изменения  $p_i$ . До 27.04.2020  $p_i$  достаточно стабильно держалось в отрезке [9% ... 13%], и к этому дню была накоплена значительная статистика выздоровлений и смертей — 7,346 и 794. Но после 27.04.2020, как по команде (...или именно «по команде?»),  $p_i$  стала монотонно и стремительно уменьшаться.

С точки зрения логики, такого поведения быть не должно. Однако, после частной беседы со специалистом в медицинском статистическом учете (с Марией Скачек) и получения информации о том, как на самом деле устроен учет, выяснились неожиданные для авторов детали. Оказывается, сценарий, при котором состояние болезни можно покинуть либо в сторону выздоровления, либо в сторону смерти, не полон. А именно, если у некоторого человека выявлено заболевание covid-19, то, действительно, в официальной статистике это проявляется как еще одна единица в  $V_i$ . А вот дальше, с человеком, с точки зрения статистики, может произойти не две, а три возможности:

**Случай «Н»:** переход этого человека (через несколько  $h$  дней) в состояние «выздоровел от covid-19» — это проявляется в официальной статистике как единица в  $H_{i+h}$ ;

<sup>8</sup> — На первом этапе развития эпидемии нагрузка на медицинскую систему будет нарастать и  $p$  скорее всего возрастет или, по крайней мере, — не будет убывать!

**Случай «D»:** переход этого человека (через несколько  $d$  дней) в состояние «умер, причем именно от covid-19» (в справке о смерти в качестве причины указано именно covid-19, а не какая-то иная причина) — это проявляется в официальной статистике как единица в  $D_{i+d}$ .

**Случай «Sch»:** исчезновение этого человека (через несколько  $s$  дней) из статистического учета событий эпидемии covid-19 в России. Можем считать, что это проявляется как единица в некотором счетчике  $Sch_{i+s}$ , и счетчик этот нам недоступен. И как-то достоверно оценить его из одних только данных официальной статистики представляется практически невозможным.

Совершенно различные события могут привести к дальнейшему исчезновению человека из статистического учета эпидемии covid-19 в России. Если с человеком имел место случай «Sch», то человек может быть как мертв, так и жив. Буква «Sch» взята нами из немецкой фамилии «Schrödinger». Вот только два возможных события (существуют и иные), относящиеся к случаю «Sch»:

Лечащий врач с человека *снял диагноз covid-19*. Возможны разные варианты: был установлен иной диагноз; выяснилось, что человек вовсе не был болен и др. Это не считается выздоровлением от covid-19.

Человек умер, но в справке о смерти написана иная причина, а не covid-19.

Также можно предположить, что, по мере увеличения количества проводимых тестов, должно нарастать количество людей, у которых тест дал положительный результат, но которые по тем или иным причинам не были госпитализированы, а остались на домашнем режиме, откуда с высокой вероятностью выходят именно в Шредингеровскую группу.

Таким образом, утверждение, будто « $V_i = E_i = H_i + D_i$ », оказалось не совсем точным. Если  $i$  соответствует окончанию эпидемии — в правой части не хватает слагаемого  $Sch_i$ . Но, мы надеемся, что по сравнению с величинами  $V_i$  и  $E_i$  неизвестное слагаемое  $Sch_i$  мало и серьезным образом на моделирование не влияет. Нелогичная динамика величины  $p_i$  (Рисунок 10) и полученная новая информация о статистическом учете требуют изменить подходы к регистрации статистики смертности. Но это выходит за рамки данной работы.

### Заключение

**Выводы.** В данной работе изложены разработанные и примененные на практике методы анализа, моделирования и прогноза статистики эпидемии коронавируса в России. Эти методы позволили вычислить достаточно точные краткосрочные (недельные) прогнозы ожидаемых показателей эпидемии и дальние прогнозы для величин и дат наступления ключевых событий в эпидемии. Предложена, реализована и использована на практике методика мониторинга дрейфа дальних прогнозов, что позволяет ориентироваться в том, на какой фазе эпидемии сейчас находится процесс и в каких окончательных объемных и временных рамках следует ожидать завершения каждой фазы и эпидемии в целом.

**Возможные дальнейшие работы.** Работа с числовыми параметрами примененной для поздних этапов SIR-модели заставила нас обратить внимание на несколько моментов, обычно выпадающих из зоны внимания аналитиков. Упомянем только два из них.

Первый — это причина перехода из фазы экспоненциального роста в фазу насыщения. Начиная с классической работы 11, в которой впервые был использован гиперболический тангенс в качестве функции от времени, описывающей количество переболевших, основной причиной насыщения считается исчерпание ресурса неинфицированных особей, которые могли бы участвовать в процессе цепного распространения болезни.

На самом деле это не так, и в настоящее время приходится иногда выслушивать мнение о несовершенстве и даже непригодности SIR-модели к эпидемиям, которым противостоит современная медицина. Действительно, во всех странах, переживающих пандемию covid-19, затухание сводит заболеваемость на нет задолго до исчерпания субстрата для дальнейшего его распространения. В большинстве случаев количество переболевших не превышает одного процента населения страны. Предположение, будто остальные 99% переносят заболевание в латентной форме или, более того, обладают изначальным иммунитетом к инфекции, представляется избыточно искусственным.

Численным моделированием схемы SIR можно «нащупать» режимы, при которых затухание эпидемии будет достигнуто при малой доле переболевших. Для этого необходимо и достаточно, чтобы соотношение констант скорости (то есть коэффициентов в дифференциальных уравнениях модели) для каналов распространения инфекции и выздоровления было очень близко к единице, причем с небольшим перекосом в сторону распространения. Если изначально коэффициент передачи будет меньше единицы, болезнь затухнет, не успев распространиться, то есть эпидемии не будет. И только случай, когда на начальном этапе коэффициент распространения превышает единицу, но по мере выгорания субстрата уменьшается ниже нее, дает картину с сигмоидальной динамикой. Но при этом требуется уникально тонкая настройка коэффициентов модели. Даже незначительное отклонение приведет к тому, что заражение охватит всех.

Поскольку подобного в нынешней пандемии не произошло ни разу, аналитик просто обязан предположить какие-то иные механизмы устойчивости модели, помимо уникально узкого диапазона ее числовых параметров.

Вторая слабость SIR-модели напрямую связана с первой и тоже касается численных значений параметров дифференциальных уравнений. Даже на примере России мы видим, что динамика развития пандемии, например, в Урюпинске (55 случаев на дату подготовки статьи 23.05.2020) и в Москве (161



тысяча) отличаются только масштабным фактором. То есть с точностью до масштабирования и сдвига начала — совпадают. Это подразумевает, что степень «заразительности» в Москве должна быть в 300 раз меньше, в соответствии с пропорцией по населению (или в 3 000 раз по заболевшим). Ни одна модель такой вариабельности коэффициентов не допускает. Поэтому напрашивается следующее дополнение к классической модели.

Реально зараженный индивидум не может общаться со всем населением страны, города и даже района. Параметр скорости заражения ограничен кругом его общения, который составляет в среднем 50–100 человек. Очевидно, что никакие меры (само)изоляции этот круг контактов затронуть практически не могут. И в пределах одного очага заражения инфекция распространяется практически бесконтрольно.

А вот контакты между разными группами общения организационными мерами пресечены быть могут. И скорость передачи инфекции от одного очага к другому — явление вполне подконтрольное. В настоящее время мы занимаемся разработкой такой двухуровневой модели.

Несмотря на ее очевидную понятность, она представляет серьезные математические сложности. В частности, от обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) необходимо переходить к уравнениям с запаздывающим аргументом. Это, казалось бы, незначительное усовершенствование дает далеко идущие последствия, например, появление второй волны эпидемии, о чем классическая модель молчит.

Также имеются идеи и предпосылки для вычисления правдоподобного распределения по дням среднего числа заражаемых людей каждым зараженным и распределения по дням (после установленного диагноза) вероятности смерти и вероятности выздоровления для зараженного.

Еще одно очевидное направление работ — применение разработанных методов к статистическим массивам различных стран, в том числе тех, где эпидемия коронавируса уже закончилась или близка к этому. За счет таких исследований можно накопить больше данных, например, о фактической относительной точности краткосрочных прогнозов на базе третьей модели (1).

**Благодарности.** Авторы благодарны Марии Скачек, которая, будучи специалистом, рассказала некоторые особенности сбора и учета медицинской статистики, по поводу которых авторы никогда бы не смогли предположить, что такое может быть в реальности. На работу сильно повлияли плодотворные обсуждения с Андреем и Аркадием Климовыми, которые, среди прочего, познакомили авторов с сервисом 3, обратили внимание на пользу анализа траекторий на фазовой плоскости  $(f, \dot{f})$  и на то, что траектория идеальной SI-модели эпидемии будет параболой с корнями 0 и  $N$ , где  $N$  — максимальное (финальное) число заболевших в эпидемии.

#### Список литературы

1. Леоненко В.Н. **Математическая эпидемиология** // Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ. Учебно-методическое пособие. — СПб: Университет ИТМО, 2018.
2. Herbert W. Hethcote **Three Basic Epidemiological Models** // S. A. Levin et al. (eds.), Applied Mathematical Ecology, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1989.
3. M.G. Garner & S.A. Hamilton **Principles of epidemiological modelling** // Rev. sci. tech. Off. int. Epiz., 2011, 30 (2), 407–416.
4. Min-Shi Lee & D. James Nokes **Predicting and comparing long-term measles antibody profiles of different immunization policies** // Bulletin of the World Health Organization, 2001 — SciELO Public Health.
5. Haposan, Jonathan **Developing a method for characterizing genealogy of parameter values from epidemiological models of infectious disease** // Master Essay, University of Pittsburgh, 2019, URL: <http://d-scholarship.pitt.edu/36731/> (доступ проверен 21.05.2020).
6. J Lennert Veerman, Jan J Barendregt, Johan P Mackenbach and Johannes Brug **Using epidemiological models to estimate the health effects of diet behaviour change: the example of tailored fruit and vegetable promotion** // Public Health Nutrition: 9(4), 415–420 DOI: 10.1079/PHN2005873.
7. Абрамов С.М., Травин С.О. **Вопросы и ответы по мониторингу и прогнозу эпидемии коронавируса в России** // Рукопись, электронный ресурс, 2020, URL: <https://tinyurl.com/y7bplslc> (доступ проверен 21.05.2020).
8. Абрамов С.М., Травин С.О. **Электронная таблица мониторинга, анализа и прогноза эпидемии коронавируса в России** // Рукопись, электронный ресурс, 2020, URL: <https://tinyurl.com/yck5gucy> (доступ проверен 21.05.2020).
9. **Коронавирус COVID-19: Официальная информация о коронавирусе в России** (сайт «стопкоронавирус.рф») // Электронный ресурс в сети Интернет, URL: <https://стопкоронавирус.рф/#> (доступ проверен 21.05.2020).
10. **Trajectory of World COVID-19 Confirmed Cases** // Электронный ресурс в сети Интернет, URL: <https://aatishb.com/covidtrends> (доступ проверен 21.05.2020).
11. Kermack, W. O., McKendrick, A. G. **A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics** // Proceedings of the Royal Society, 1927. Vol. 115, No. A771, P.700-721.



**References in Cyrillics**

1. Leonenko V.N. Matematicheskaya e`pidemiologiya // Uchebno-metodicheskoe posobie po vy`polneniyu laboratorny`x rabot. Uchebno-metodicheskoe posobie. — SPb: Universitet ITMO, 2018.
2. Herbert W. Nethcote Three Basic Epidemiological Models // S. A. Levin et al. (eds.), Applied Mathematical Ecology, © Springer–Verlag Berlin Heidelberg 1989.
3. M.G. Garner & S.A. Hamilton Principles of epidemiological modelling // Rev. sci. tech. Off. int. Epiz., 2011, 30 (2), 407–416.
4. Min-Shi Lee & D. James Nokes Predicting and comparing long-term measles antibody profiles of different immunization policies // Bulletin of the World Health Organization, 2001 — SciELO Public Health.
5. Haposan, Jonathan Developing a method for characterizing genealogy of parameter values from epidemiological models of infectious disease // Master Essay, University of Pittsburgh, 2019, URL: <http://d-scholarship.pitt.edu/36731/> (dostup proveren 21.05.2020).
6. J Lennert Veerman, Jan J Barendregt, Johan P Mackenbach and Johannes Brug Using epidemiological models to estimate the health effects of diet behaviour change: the example of tailored fruit and vegetable promotion // Public Health Nutrition: 9(4), 415–420 DOI: 10.1079/PHN2005873.
7. Abramov S.M., Travin S.O. Voprosy` i otvety` po monitoringu i prognozu e`pidemii ko-ronavirusa v Rossii // Rukopis`, e`lektronny`j resurs, 2020, URL: <https://tinyurl.com/y7bplslc> (dostup proveren 21.05.2020).
8. Abramov S.M., Travin S.O. E`lektronnaya tablicza monitoringa, analiza i prognoza e`pi-demii koronavirusa v Rossii // Rukopis`, e`lektronny`j resurs, 2020, URL: <https://tinyurl.com/yck5gucy> (dostup proveren 21.05.2020).
9. Koronavirus COVID-19: Oficial`naya informaciya o koronavirusе v Rossii (sajt «stopkoronavirus.rf») // E`lektronny`j resurs v seti Internet, URL: <https://stopkoronavirus.rf/#> (dostup proveren 21.05.2020).
10. Trajectory of World COVID-19 Confirmed Cases // E`lektronny`j resurs v seti Internet, URL: <https://aatishb.com/covidtrends> (dostup proveren 21.05.2020).
11. Kermack, W. O.; McKendrick, A. G. A Contribution to the Mathematical Theory of Epidemics // Proceedings of the Royal Society, 1927. Vol. 115, No. A771, P.700-721.

*Абрамов Сергей Михайлович — ORCID: 0000-0001-6603-7971,  
доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН,  
Институт программных систем им. А.К. Айламазяна Российской академии наук.*

*Травин Сергей Олегович — ORCID: 0000-0003-2470-78556, кандидат химических наук,  
профессор, Федеральный Исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова  
Российской академии наук.*

**Ключевые слова**

**Ключевые слова:** коронавирус, моделирование эпидемии, прогнозирование развития эпидемии

**Sergei Abramov, Sergei Travin, Modeling and Forecast of the Coronavirus Epidemic Statistics in Russia**

**Keywords**

coronavirus, epidemic modeling, epidemic forecasting.

**DOI:** 10.34706/DE-2020-02-01

**JEL classification** C53 Forecasting and Prediction Methods • Simulation Methods, C15 Statistical Simulation Methods: General

**Abstract**

It became obvious in March 2020, that the coronavirus epidemic in Russia would be quite significant in scope and duration. To draw up personal plans, or plans of small institutions, it was necessary to answer somehow next simple questions at every moment of time: What awaits us in the near future? What stage of the epidemic we are at? When will this be over? In fact, it became necessary to make judgments about the dynamics of the epidemic, considering the incoming official statistics about the epidemic, modeling and predicting the behavior of these statistics. This paper is devoted to some methods and results of such analysis, modeling and forecasting.

## 1.2. БАЗА ДАННЫХ ДЛЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СЕТИ ОБОРУДОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЗДАНИЯ

Душкин Р. В., Москва

*В статье представлено описание распределённой базы данных, предназначенной для описания различных режимов функционирования информационных и автоматизированных систем в составе интеллектуальных зданий, а также их компонентов — в основном, различных типов периферийного оборудования (сенсоров, исполнительных устройств). Кратко описывается структура базы данных, её предназначение и цель создания. Дается видение авторов относительно вариантов использования распределённой базы данных. Новизна работы основана на применении технологий распределённого хранения информации в вопросах автоматизации интеллектуальных зданий. Актуальность работы следует из современных вызовов урбанизированному обществу по организации для людей среды с устойчивым развитием и возможностью повышения качества жизни в различных аспектах. Статья будет интересна учёным, инженерам и специалистам, работающим в области автоматизации зданий и сооружений и, более общо, автоматизации городского и муниципального управления.*

### 1. Введение

При организации распределённой вычислительной системы, обеспечивающей вычислениями интеллектуализированную систему управления зданием, важным элементом является база данных для описания режимов функционирования элементов автоматизированных и инженерных систем интеллектуального здания [Душкин & Андронов, 2019]. Эта база данных представляет собой набор вспомогательной информации о том, как функционируют и где располагаются все элементы автоматизированных и инженерных систем, входящих в реактивный контур управления [Душкин & Андронов, 2019a]. Эта информация как раз и требуется для организации распределённой вычислительной системы.

Описываемая в настоящей работе база данных представляет собой децентрализованное хранилище, разнесённое по всему периферийному оборудованию, которое может хранить информацию и осуществлять вычисления. Однако у этой базы данных имеется существенный централизованный компонент, который выполняет координирующую и диспетчеризирующую роли. Централизованный компонент при этом может представлять собой единый центр принятия решений или же центр, разнесённый на несколько объектовых комплексов для организации отказоустойчивой или катастрофоустойчивой схемы управления [Surianarayanan & Chelliah, 2019].

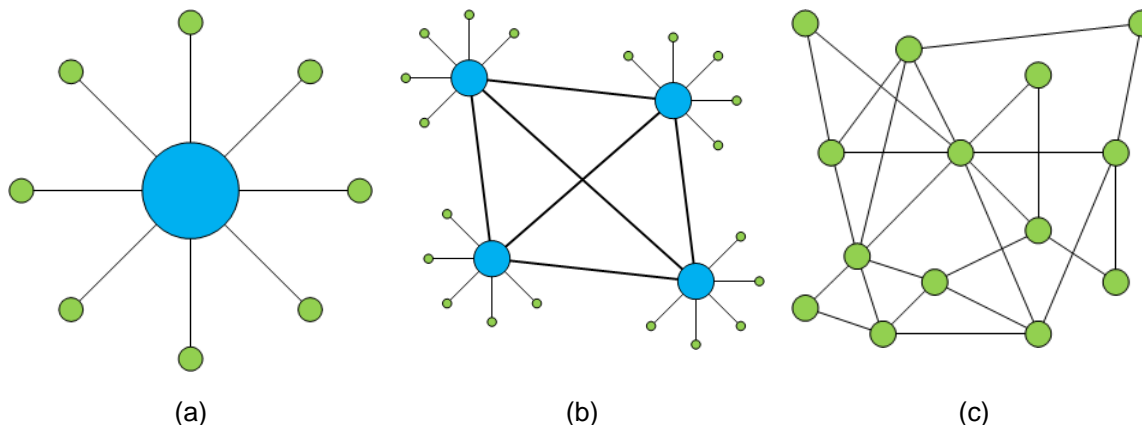


Рис 1. Модели организации вычислительных мощностей. (а) Централизованная модель. (б) Кластерная модель. (с) Распределённая модель. Голубым цветом на диаграмме обозначено серверное оборудование, зелёным — терминалы и периферийное оборудование. Линиями показаны связи между узлами в сети.

На рис. 1 представлены три модели построения вычислительной системы. Для построения базы данных и для описания режимов функционирования элементов автоматизированных и инженерных систем интеллектуального здания также подходят подобные модели. Из представленных на указанном рисунке моделей необходимо использовать централизованную и кластерную модели, только их необходимо соединить вместе для создания отказоустойчивой или катастрофоустойчивой схемы управления. Результат представлен на рис. 2.

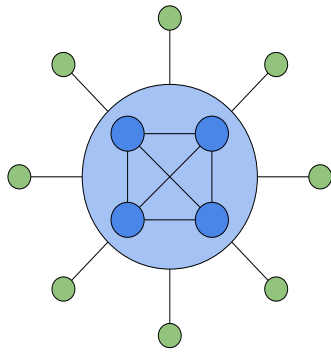


Рис. 2. Централизованно-кластерная модель организации базы данных. Голубым цветом на диаграмме обозначено серверное оборудование, зелёным — терминалы и периферийное оборудование. Линиями показаны связи между узлами в сети.

Здесь на диаграмме большим синим кругом обозначен кластер серверного оборудования, который выступает центром при организации базы данных и выглядит единым при взгляде со стороны периферийного оборудования, однако внутри этот кластер состоит из нескольких серверов, которые взаимно реплицируют информацию друг на друга для обеспечения отказоустойчивой или катастрофоустойчивой схемы хранения данных [Fujimoto, 2016]. Тем самым обеспечивается распределённая централизованность управления и распространения информации по периферийному оборудованию.

### 1. Структура базы данных

Описание режимов функционирования элементов автоматизированных и инженерных систем интеллектуального здания состоит из следующих обязательных компонентов:

1. Таблица физических и (или) логических адресов периферийного оборудования, входящего в контур реактивного управления интеллектуальным зданием и его внутренней средой. Эта таблица содержит отображение идентификаторов устройств, которые могут входить в распределённую вычислительную систему, на адреса в локальной вычислительной сети, по которым эти устройства можно вызвать. Кроме того, таблица содержит дополнительную служебную информацию о том, какие вычислительные ресурсы может предоставить соответствующее устройство для общих целей управления.
2. Таблица ссылок на функции, используемые для вычисления параметров, используемых при мониторинге и управлении параметрами внутренней среды интеллектуального здания в соответствии с вычислительной моделью. Наборы функций описываются в вычислительной системе как динамические библиотеки, которые может использовать любое совместимое устройство для вызова и запуска функций с передачей им параметров.
3. Таблица сценариев управления значениями параметров внутренней среды интеллектуального здания в соответствии с положениями, описанными в [Душкин, 2020]. В каждом сценарии задействуются определённые функции из предыдущей таблицы для вычисления различных величин, требуемых для исполнения сценария, поэтому в описании сценариев должны быть ссылки на соответствующие описания функций.

Любое периферийное устройство (сенсор или актуатор) может использоваться в качестве вычислительного узла в распределённой сети вычислений, необходимых для принятия решений, если такое периферийное устройство обладает достаточной для этого вычислительной мощностью, которая простаивает некоторое время и не используется для непосредственной работы этого устройства. В этом случае неиспользуемые вычислительные ресурсы устройства могут быть переданы в распределённую вычислительную систему для осуществления расчётов, необходимых центральной системе управления для принятия решений по воздействиям на внутреннюю среду интеллектуального здания [Душкин & Родионов, 2019].

Кроме того, все функции, которые используются для обработки информации в интеллектуализированной системе управления зданием, должны быть собраны в одну или несколько библиотек, которые доступны всем периферийным устройствам, предоставляющим свои вычислительные мощности в общую распределённую вычислительную сеть. Это значит, что в базе данных для описания режимов функционирования элементов автоматизированных и инженерных систем интеллектуального здания должны быть собраны ссылки на библиотеки с описанием сигнатур функций. В свою очередь, сигнатура функции представляет собой следующий объект:

$$f: X \rightarrow Y,$$

где:

- $f$  — идентификатор функции, по которому узлы распределённой вычислительной сети могут обратиться к ней.
- $X$  — упорядоченное множество типов аргументов функции.
- $Y$  — упорядоченное множество типов результатов вычисления функции.

Тем самым реализуется функциональный подход, детально описанный в [Душкин, 2018].

При реализации двухуровневой интеллектуальной схемы управления (с реактивной и проактивной подсистемами управления [Душкин & Андронов, 2019а]) зданием и его внутренней средой, указанные выше таблицы базы данных, которая используется для описания режимов функционирования элементов автоматизированных и инженерных систем интеллектуального здания, должны быть исчерпывающе заполнены. На основании этих таблиц осуществляется функционирование интеллектуального здания,

которое в непрерывном режиме осуществляет мониторинг и управление значениями параметров своей внутренней среды [Душкин & Родионов, 2019].

Общая логическая структура описываемой базы данных выглядит так, как показано на следующем рисунке.

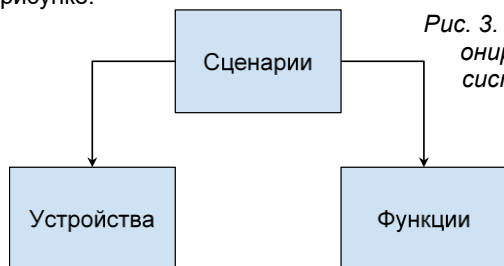


Рис. 3. Общая схема базы данных для описания режимов функционирования элементов автоматизированных и инженерных систем интеллектуального здания

Таблица сценариев содержит записи, которые ссылаются как на записи из таблицы устройств, так и на записи из таблицы функций. При этом в общем случае таблицы устройств и функций могут быть изолированными, хотя для определённых инженерных задач их также можно связывать друг с другом. Также необходимо отметить,

что на представленном рисунке дана исключительно логическая концептуальная схема базы данных, а не её физическая структура. Последняя должна быть формализована на этапе проектирования конкретной системы управления конкретного интеллектуального здания.

## 2. Варианты использования базы данных

При добавлении в состав какой-либо инженерной системы интеллектуального здания нового периферийного устройства, которое может делиться своими вычислительными мощностями, это новое устройство должно быть прописано в соответствующей таблице. Если же в контур управления интеллектуальным зданием добавляется новая инженерная система с набором периферийного оборудования, то всё множество устройств также должно быть прописано в таблицах базы данных. При выводе устройства или системы из эксплуатации для сохранения целостности распределённой вычислительной сети соответствующие устройства должны быть помечены в таблице как нефункционирующие. В этом случае сеть перестанет передавать им смарт-контракты на вычисление.

К периферийным устройствам, которые могут передавать в распределённую вычислительную сеть часть своих вычислительных мощностей, также предъявляются специфические требования. Такие устройства должны иметь возможность устанавливать дополнительное встраиваемое программное обеспечение, которое отвечает за включение устройства в распределённую вычислительную сеть и использование вычислительных ресурсов для общих целей системы управления интеллектуальным зданием. Такое встраиваемое программное обеспечение как бы является драйвером для распределённой вычислительной сети, что позволяет периферийному устройству включаться в её работу и выполнять вычисления и функции, первоначально устройству несвойственные.

Этот процесс осуществляется следующим образом:

1. В процессе *пуско-наладки* системы:
  - Каждое периферийное устройство, которое может делиться своими вычислительными мощностями, необходимо внести в соответствующую таблицу базы данных с указанием всех необходимых атрибутов.
  - На каждом таком устройстве необходимо развернуть дополнительное встраиваемое программное обеспечение, которому предоставить все необходимые права доступа для полноценной работы в качестве драйвера распределённой вычислительной сети.
  - Каждое устройство с установленным дополнительным встраиваемым программным обеспечением необходимо подвергнуть тестированию на предмет корректности работы ПО и устройства с ним в целом.
  - Наконец, вся развёрнутая вычислительная сеть также должна быть подвергнута тестированию для отработки различных сценариев взаимодействия оборудования в этой сети. Для этих целей предварительно должна быть разработана Программа и методика испытаний распределённой вычислительной сети интеллектуального здания.
2. В процессе *функционирования* системы:
  - Периферийное устройство может работать в режиме запроса. Если у него есть потребность в вычислении какого-либо набора значений, а количества вычислительных мощностей для этого не хватает, то это устройство может отправить в распределённую вычислительную сеть смарт-контракт на вычисление этих значений.
  - Периферийное устройство может работать в режиме передачи своих вычислительных мощностей для использования в распределённой вычислительной сети в случаях, когда оно или простаивает, или его мощности достаточны для обработки собственной функциональности устройства, и ещё остаются избытки. В этом случае устройство принимает смарт-контракты из направленного ациклического графа, выполняет их и записывает результаты в новые транзакции этого графа.

- Периферийное устройство также может работать в обоих режимах — как запроса на вычисления, так и вычисления чужих смарт-контрактов. Это может происходить, когда своих вычислительных мощностей не хватает на обеспечение собственной функциональности, но если их освободить от этой нагрузки, они могут быть использованы для чего-то менее затратного.
- Центральная система управления (как реактивная, так и проактивная её подсистемы) также могут участвовать в исполнении смарт-контрактов, которые появляются в направленном ациклическом графе.

Переход на этот процесс позволяет развернуть распределённую вычислительную сеть для обеспечения вычислительными потребностями системы управления и периферийного оборудования интеллектуального здания. Ожидается, что эта сеть позволит повысить эффективность работы системы управления и высвободит дополнительные вычислительные мощности для задач моделирования, прогнозирования и планирования управляющих воздействий со стороны проактивной подсистемы управления на реактивный контур управления и инженерные системы здания так, как это описано в [Душкин, 2020].

Важным моментом в работе такой распределённой вычислительной сети является необходимость обеспечения возможности кэширования исполнительных модулей, позволяющих вычислять функции, на периферийных устройствах. Эта техника позволит осуществить дополнительную экономию времени и вычислительных ресурсов, так как исключит постоянную загрузку исполняемого кода функций на периферийное оборудование, снизит нагрузку на сеть передачи данных, а также снизит затраты времени на приём-передачу информации. Даже несмотря на то, что обычно внутренняя локальная вычислительная сеть здания как транспортная среда функционирует с минимальными показателями латентности, постоянная передача кода функций между центральной базой данных и устройствами снизит эффективность общей работы распределённой вычислительной сети.

Кэширование осуществляется при помощи загрузки на периферийное устройство исполняемого кода функции для расчёта того или иного показателя, необходимого в работе интеллектуального здания. Это значит, что на периферийных устройствах, которые могут участвовать в работе распределённой вычислительной сети, желательна наличие локального хранилища данных. Полученные в локальные хранилища исполняемые коды функций для вычислений остаются в кэше до тех пор, пока эта функция требуется в работе конкретного периферийного устройства. С другой стороны, если конкретное периферийное устройство закачало к себе в кэш определённый набор функций, то в дальнейшей работе оно будет принимать на выполнение только такие смарт-контракты, которые предполагают использование только имеющихся функций.

Другими словами, встраиваемое программное обеспечение, которое должно устанавливаться на периферийное оборудование, должно обладать следующими характеристиками и свойствами:

1. Иметь многоплатформенное исполнение для того, чтобы иметь возможность быть развёрнутым на широкой номенклатуре периферийного оборудования.
2. Иметь возможность управления внутренней памятью долговременного хранения периферийного устройства для кэширования записываемых на него исполняемых кодов функций.
3. Иметь возможность балансировки запросов функций так, чтобы минимизировать перекачиваемый по локальной сети передачи данных объём исполняемого кода между центральным кластером баз данных и периферийным оборудованием инженерных систем интеллектуального здания.
4. Обеспечивать закачивание исполняемых кодов функций из базы данных на периферийное устройство с расчётом оценки будущей потребности в этой функции на конкретном устройстве и планированием её использования для исполнения смарт-контрактов в транзакциях вычислительной сети.
5. Обеспечивать выбор из направленного ациклического графа тех транзакций, в смарт-контрактах которых есть только функции, которые либо записаны в локальную память периферийного устройства, либо могут быть записаны, и при этом вычисление которых может быть осуществлено на устройстве за приемлемое время, при этом учитывать количество «токенов», которое сможет «заработать» устройство после исполнения смарт-контракта.
6. Отправлять в направленный ациклический граф смарт-контракты, в которых описаны потребности периферийного устройства в вычислении каких-либо параметров, а также получать оттуда вычисленные результаты.
7. Уметь рассчитывать текущее количество «токенов», которые находятся в распоряжении периферийного оборудования, для балансировки запросов на исполнение смарт-контрактов и осуществления вычислений смарт-контрактов других устройств.

Важным нюансом работы встраиваемого программного обеспечения является то, что оно, фактически, представляет собой «кошелёк» для содержания «токенов», находящихся в наличии у конкретного устройства. Токены, которые используются для распределения между периферийными устройствами, входящими в состав распределённой вычислительной сети, предназначены для осуществления механизмов саморегуляции этой сети. В частности, высоконагруженные устройства, которые выполняют критические для всей системы управления функции, будут иметь возможность заказывать исполнение своих смарт-контрактов за более «дорогую цену», что будет способствовать более быстрому и качественному исполнению таких заказов.

Экономическая составляющая работы распределённой вычислительной сети, которая формируется на основе описываемой базы данных для описания режимов функционирования элементов автоматизированных и инженерных систем интеллектуального здания, позволяет, кроме всего прочего, оперативно выявлять узкие места в этой распределённой вычислительной сети и принимать решения в части их усиления или исключения из сети. Например, по мере работы и перехода всей системы к состоянию равновесия во всём множестве узлов будут находиться «нищие», «средний класс» и «богачи».

К первому множеству «нищих» будут относиться узлы сети (периферийные устройства), у которых много запросов на исполнение смарт-контрактов, но которые сами их не исполняют в силу различных причин. Множество «среднего класса» будут составлять периферийные устройства, которые сбалансированы по запросам и исполнению смарт-контрактов. Наконец, к множеству «богачей» перейдут устройства, у которых много свободных вычислительных мощностей и большой объём локальной памяти, поэтому они могут всё это предоставлять для исполнения смарт-контрактов.

В следующей таблице представлено краткое описание различных экономических типов периферийного оборудования с точки зрения критичности для интеллектуальной системы управления зданиями и сооружениями.

**Таблица 1. Описание классов периферийного оборудования с точки зрения экономики и критичности для интеллектуальной системы управления**

	Критично	Некритично
<b>Нищий</b>	В этом сегменте находятся узлы (периферийное оборудование), которые выполняют критичные функции для системы управления, но которым не хватает собственных вычислительных мощностей для выполнения каких бы то ни было вычислений, поэтому им приходится тратить свои токены на заказ исполнения смарт-контрактов. В итоге токенов становится всё меньше и меньше, и центральной системе управления приходится постоянно поддерживать этот узел «дотациями». Из всех это самая негативная ситуация, которую необходимо решать внесистемными методами — например, при помощи наращивания вычислительных мощностей или замены периферийного оборудования.	Некритичные «нищие» узлы (периферийное оборудование), фактически, забирают у распределённой сети вычислительные ресурсы в большом количестве, запуская в неё смарт-контракты для вычисления требуемых значений, при этом не обладая собственными мощностями. Эта ситуация позволяет сказать, что такой тип периферийного оборудования, скорее всего, должен быть проанализирован на предмет эффективности своей работы — для чего в контуре инженерных систем интеллектуального здания функционирует устройство, которое потребляет большое количество вычислительных ресурсов, но при этом не выполняет критичной роли. Скорее всего, для повышения общей эффективности работы системы управления от таких устройств необходимо избавляться.
<b>Средний класс</b>	Средний класс характеризуется тем, что периферийные устройства, входящие в него, балансируют свои вычислительные мощности таким образом, что общее количество токенов в их распоряжении находится на среднем уровне. Это значит, что либо периферийное устройство самостоятельно справляется со своими вычислениями, либо оно умело отвечает на запросы смарт-контрактов в сети так, что расходы токенов на потребные ему высоконагруженные вычисления компенсируются исполнением смарт-контрактов, для которых требуется меньшее количество вычислительных ресурсов. В этом классе особо нет разницы, является ли устройство критичным для поддержания инженерной инфраструктуры интеллектуального здания или нет, так как в любом случае оно полностью выполняет своё предназначение. Менять что-либо во множестве устройств «среднего класса», скорее всего, не требуется, и вся система должна стремиться к тому, чтобы все её устройства принадлежали к этому классу.	
<b>Богач</b>	Класс «богачей» содержит периферийные устройства, которые зарабатывают больше токенов, чем тратят, поэтому на их кошельках осуществляется постоянное накопление. Если «богач» относится к критическим устройствам или системам, то такая ситуация, в общем-то, не может рассматриваться как негативная — устройство выполняет свою функцию и при этом также успевает сдавать в аренду свои вычислительные мощности так, чтобы пополнять свой кошелёк. Единственный вопрос, который необходимо решать в этом случае, заключается в том, чтобы устройство не занималось вычислениями некритического сегмента, а резервировало свои вычислительные мощности для повышения собственной отказоустойчивости. Устройства этого класса должны сосредотачиваться только на смарт-контрактах «нищих» устройств критической инфраструктуры.	Поскольку «богач» может сдавать свои вычислительные мощности для высоконагруженных вычислений и делает это в намного большем объёме, нежели заказывает вычисления сам, то неясна причина, по которой в класс богачей должны попадать устройства, не входящие в критический контур. Единственная рациональная причина заключается в размещении на периферии специальных вспомогательных устройств для облегчения вычислений, отсутствие которых, однако, не вызовет коллапса. Их наличие диктуется всего лишь облегчением работы. Однако в любом случае наличие подобных узлов в распределённой вычислительной сети должно наводить на размышления о наличии важных причин для присутствия таких устройств в сети — заменяя их на менее мощные, можно оптимизировать эксплуатационные расходы.



Со средним классом есть нюанс, о котором также необходимо упомянуть. Вхождение узла в множество среднего класса может свидетельствовать о двух способах экономического поведения в сети:

1. Узел закрывает только собственные потребности в вычислениях, не тратя свои токены на заказ исполнения смарт-контрактов. Это значит, что его токены просто не расходуются.
2. Узел заказывает примерно такое же количество смарт-контрактов, которое исполняет сам, так что баланс количества токенов в его кошельке меняется со временем очень незначительно, колеблясь вокруг некоторого среднего эквilibriumа.

С функциональной точки зрения различий в окончательном результате поведения таких узлов в распределённой вычислительной сети нет, однако экономическая точка зрения может вывести из соотношения количеств таких устройств в сети какие-либо выводы и рекомендации. Однако рассмотрение экономической составляющей поведения всей вычислительной сети, как уже было сказано, выходит за рамки настоящей работы.

Осталось упомянуть, что при введении экономической составляющей во взаимодействие узлов в распределённой вычислительной сети необходимо обеспечить наличие некоторого механизма эмиссии токенов для того, чтобы такой механизм распределял новые объёмы токенов по узлам сети и обеспечивал экономическое движение. Такой механизм может быть разработан на нескольких различных принципах:

1. Математический алгоритм, который начисляет некоторое количество новых токенов за подтверждение транзакции в дополнение к заработку за исполнение смарт-контрактов этой транзакции. Эти новые токены берутся как бы «из ниоткуда» и представляют собой эмиссию новых токенов для вознаграждения работающих узлов сети. Сходный механизм реализован, например, в такой блокчейн-сети, как Ethereum. Однако предполагается, что в этом методе есть проблема, которая может быть выражена следующим образом: «богатые станут ещё богаче, а бедные ещё беднее».
2. Централизованная эмиссия токенов каким-либо выделенным узлом с последующим распределением целевым образом для балансировки общей массы токенов по узлам. Этот механизм позволяет сгладить появление нищих узлов, которые больше не смогли бы заказать для себя исполнения своих смарт-контрактов без централизованных дотаций.
3. Некоторое совмещение двух предыдущих механизмов, при котором эмиссия новых токенов осуществляется децентрализованно математическим алгоритмом в каждой подтверждённой транзакции, но при этом также имеется некоторая алгоритмическая процедура, при помощи которой «богатые помогают бедным», выравнивая уровень сбережений в каждом узле сети.

### **Заключение**

Использование экономических механизмов при организации распределённой вычислительной сети на периферийных устройствах инженерных систем интеллектуального здания позволяет применить к вопросам интеллектуализации системы управления достижения теории многоагентных систем. Экономическая составляющая на направленном ациклическом графе переводит узлы вычислительной сети в ранг рациональных экономических агентов, совместное поведение которых интересно для изучения в том числе и потому, что в таком совместном поведении могут возникать эмерджентные эффекты, в том числе проявляться и «роевой интеллект» [Wanka, 2019].

Таким образом, база данных для описания режимов функционирования элементов автоматизированных и инженерных систем интеллектуального здания становится основой для разработки и запуска модели распределённых вычислений для организации программной среды, обеспечивающей управление автоматизированных и инженерных систем интеллектуального здания. Над этой моделью, основанной на использовании направленного ациклического графа (концепция, расширяющая классический блокчейн), можно организовывать различные дополнительные надстройки, например, экономику взаимодействия рациональных агентов, которыми становятся узлы вычислительной сети.

Всё перечисленное может помочь перевести процессы управления зданиями и сооружениями на новый качественный уровень, что, в свою очередь, позволит перевести их функционирование на интеллектуализированный фундамент с использованием функционального подхода [Душкин, 2018a].

### **Литература:**

1. Fujimoto K. (2016) Disaster Recovery // In book: Encyclopedia of Database Systems, January 2016. — DOI: 10.1007/978-1-4899-7993-3\_1338-2.
2. Surianarayanan C., Chelliah P. R. (2019) Disaster Recovery // In: Essentials of Cloud Computing, August 2019. — DOI: 10.1007/978-3-030-13134-0\_12.
3. Wanka R. (2019) Swarm intelligence // IT — Information Technology.— № 61, 2019. — DOI: 10.1515/itit-2019-0034.
4. Душкин Р. В. (2018) Функциональный подход в управлении технологическими процессами интеллектуальных зданий // Научно-практический журнал «Экономика и управление инновациями». — 2018. — № 4. — С. 27-35. — ISSN 2587-5574. — DOI: 10.26730/2587-5574-2018-4-27-35.
5. Душкин Р. В. (2018a) Особенности функционального подхода в управлении внутренней средой интеллектуальных зданий // Прикладная информатика, Том 13, № 6 (78), 2018. — с. 20-31. — ISSN 1993-8314.

6. Душкин Р. В., Андронов М. Г. (2019) Термин «функциональный дизайн» в отношении структурирования среды интеллектуального здания и его математическое описание в контексте повышения конкурентоспособности строительной продукции // Экономика и управление инновациями. — 2019. — № 3 (10). — С. 69-77. — DOI: 10.26730/2587-5574-2019-3-69-77.

#### References in Cyrillics

1. Fujimoto K. (2016) Disaster Recovery // In book: Encyclopedia of Database Systems, January 2016. — DOI: 10.1007/978-1-4899-7993-3\_1338-2.
2. Surianarayanan C., Chelliah P. R. (2019) Disaster Recovery // In: Essentials of Cloud Computing, August 2019. — DOI: 10.1007/978-3-030-13134-0\_12.
3. Wanka R. (2019) Swarm intelligence // IT — Information Technology. — № 61, 2019. — DOI: 10.1515/itit-2019-0034.
4. Dushkin R. V. (2018) Funkcional'ny`j podxod v upravlenii texnologicheskimi processami intellektual'ny`x zdaniy // Nauchno-prakticheskij zhurnal «E`konomika i upravlenie innova-ciyami». — 2018. — № 4. — С. 27-35. — ISSN 2587-5574. — DOI: 10.26730/2587-5574-2018-4-27-35.
5. Dushkin R. V. (2018a) Osobennosti funkcional' nogo podxoda v upravlenii vnutrennej sre-doj intellektual'ny`x zdaniy // Prikladnaya informatika, Tom 13, № 6 (78), 2018. — s. 20-31. — ISSN 1993-8314.
6. Dushkin R. V., Andronov M. G. (2019) Termin «funkcional'ny`j dizajn» v otnoshenii struk-turirovaniya sredy` intellektual' nogo zdaniya i ego matematicheskoe opisaniye v kontekste povy`sheniya konkurentosposobnosti stroitel'noj produkcii // E`konomika i upravlenie in-novაციami. — 2019. — № 3 (10). — С. 69-77. — DOI: 10.26730/2587-5574-2019-3-69-77.

*Душкин Роман Викторович Агентство Искусственного Интеллекта, Директор по науке и технологиям ([roman.dushkin@gmail.com](mailto:roman.dushkin@gmail.com))*

#### Ключевые слова

интеллектуальное здание, интеллектуализация, база данных, распределённая база данных, умный дом, умный город, управление, автоматизация.

#### *Roman Dushkin, Database for a decentralized network of smart building equipment*

#### Keywords

intellectual building, intellectualization, database, distributed database, smart building, smart city, management, automation

**DOI:** 10.34706/DE-2020-02-02

**JEL classification:** O33 Technological Change: Choices and Consequences • Diffusion Processes •

#### Abstract

The article presents a description of a distributed database designed to describe the various modes of operation of information and automated systems in the composition of intelligent buildings, as well as their components — mainly various types of peripheral equipment (sensors, actuators). It briefly describes the structure of the database, its purpose, and the purpose of its creation. The authors' vision of use cases of a distributed database is given. The novelty of the work is based on the use of distributed information storage technologies in the automation of intelligent buildings. The relevance of the work follows from the contemporary challenges of an urbanized society in organizing for people an environment with sustainable development and the possibility of improving the quality of life in various aspects. The article will be of interest to scientists, engineers, and specialists working in the field of building and structure automation and, more generally, automation of city and municipal government.

## 1.3. ВВЕДЕНИЕ В ХАОТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ (СЕТЕВОЙ ВАРИАНТ)

Непейвода Н.Н. д.ф.-м.н. ИПС РАН

*Главная ахиллесова пята нынешних концепций бизнес-процесса — превращение людей в процессоры. Все концепции валятся, если агенты проявляют инициативу. В данной работе описывается метод организации деятельности в среде инициативных и ненадежных исполнителей. При этом уничтожается само понятие процесса и заменяется планированием по целям и приоритетам, причём приоритеты не могут выражаться действительными числами. Обосновывается, что максимальная глубина планов должна быть не больше, чем три шага, и что к планам нужно относиться как к временным виртуальным сущностям. Предлагается, какие средства могут использоваться для реализации данной концепции.*

### 1. Несколько слов об истории работы

Работа появилась в 2006-2008 годах в результате исследований по проекту для администрации г. Ижевска. Первый её вариант был опубликован в качестве пленарного доклада на конференции ТИПД-2008. Выяснилось, что за 12 лет её идеи не перестали быть интересными и до сих пор нигде не реализованы. Поэтому редакция журнала попросила меня написать статью на эту тему.

Так как сейчас нахожусь в глубокой самоизоляции в дальней деревеньке Ярославской области и интернет здесь отвратительный и часто сбоят, обновить список ссылок как следует не удалось, приношу за это свои извинения и гарантирую, что после выхода из заточения приведу их в порядок.

### 2. Постановка задачи

В теории программирования и управления две священные коровы<sup>1</sup>. Более известная — оптимизация, и более коварная, практически нигде не выделяемая явно — процессы. Поэтому все предложенные методы начинают просто дезориентировать, когда процент непредусмотренных ситуаций становится более 20, а помогают как следует лишь тогда, когда он меньше 10. Здесь рассматривается альтернативный и дополнительный подход: мы стремимся создать инструмент, работающий в условиях полного хаоса, а затем учесть порядок как исключение из типичной ситуации.

### 3. Предпосылки и напоминания

Сначала пару слов о позиции автора. Автор — консерватор (принцип консерватизма: идеи нужно приспособлять к реальным людям, а не наоборот), и монархист (поскольку демократия, согласно определению Аристотеля, возможна лишь на базе системы законов и обычаев, и, соответственно, говорить о ней, когда нет системы законов и разрушены обычаи, просто нелепо). Ещё более укрепила автора в этой концепции поездка в Италию, знакомство с весьма хаотичным народом, который стал жить хорошо лишь когда принципы приспособили к реальностям итальянского характера, а не наоборот. А наши западники на самом деле московиты, для которых нет никакой разницы между «итальянским немцем» и «аглицким немцем», и всё равно, у кого брать опыт.

Прежде всего, напомним один из базисных принципов теории творческого мышления (в приложении к техническим системам описанной, в частности, в [9]): с самого начала выявить и обострить основное проблемное противоречие, а в дальнейшем так же поступать с остальными выявляющимися проблемами. Поэтому все появляющиеся проблемы ставятся по возможности жёстко и безжалостно.

Далее, напомним, что модальность «в принципе возможно» нужно понимать «практически невозможно<sup>2</sup>». Если бы об этом чаще помнили, меньше было бы ситуаций типа «Хотели, как лучше, а получилось, как всегда» (Черномырдин).

Весь анализ базируется на теории неформализуемых понятий (её изложение дано, в частности, в учебнике [3]). Основные её принципы и результаты, применительно к нашему анализу, следующие.

1. Каждое действительно сложное и важное понятие активно сопротивляется формализации, порождая новую альтернативу, не учтённую ею.

В частности, русский человек и русский чиновник всегда нарушает и будет нарушать инструкции, поскольку инструкции претендуют на формализацию реальной жизни, и делают это на базе абстрактных принципов. Как говорили в советские времена, «что-либо разумное можно сделать лишь в порядке исключения».

2. Тем не менее эффективная деятельность возможна лишь на базе формализации понятий.

<sup>1</sup> Здесь это термин. См. [3]

<sup>2</sup> А заодно есть смысл посмотреть и другие принципы взаимодействия практика и теоретика из [7]

Если нужно что-то сделать, нужно временно избавиться от сомнений. Плохо исполненная инструкция лучше, чем её полное отсутствие. Это хорошо видно в программировании, где все системы и языки программирования являются формализациями неформализуемой деятельности, которая часто без них была бы просто невозможна, но которая начинает вылезать за их пределы, как только развивается достаточно.

3. Необходимо чётко понимать, что мы в огромном числе случаев формализуем неформализуемое.

Эвфемизмы типа «данная деятельность трудно формализуема» заводят в быстрый концептуальный тупик. Формализация на самом деле сама порождает себе альтернативу. Такова, например, знаменитая теорема Гёделя о неполноте<sup>3</sup>. Но процесс формального порождения альтернативы на самом деле работает лишь в принципе. Нахождение действительно интересной альтернативы — творческий процесс.

4. Знание о формализации предполагает знание ее альтернатив.

Например, знание классической евклидовой геометрии стало полнее, и ее громадные преимущества были чётко осознаны лишь тогда, когда Лобачевский переоткрыл неевклидову геометрию, которую древние греки знали ещё до Евклида, сознательно отвергли и забыли<sup>4</sup>.

5. Любая формализация заводит в тупик, и тем быстрее и основательнее, чем более эффективна она на первых порах.

Примером служит, в частности, завоевавшая монопольное положение в мировой науке система грантов. Первоначально она сыграла роль допинга, позволив быстро выкачать результаты, которые уже были на подходе (хотя, насколько видно, в частности, по информатике, где автор внимательно за этим следил, одновременно помешала их углублению и доведению до логического конца, поскольку это требует кропотливой и внешне неэффективной работы: «Если хочешь сделать что-то большое и чистое, походи в зоопарк и вымой слона»). В дальнейшем этот допинг оказался наркотиком, поскольку наука села на иглу легко объяснимым профанам обещаний и стала крутиться в цикле с периодом приблизительно 12 лет (именно через такое время наблюдается возвращение старых концепций под новым именем).

6. Тупик образуется ещё тогда, когда отказаться от формализации нет сил. См. предыдущий пример.

7. Тупик становится намного труднее для выхода и основательнее, если с самого начала не позаботиться, чтобы осознать альтернативы существующей успешной формализации.

Смотри пример из п. 4.

8. Тупика можно избежать, если одновременно поддерживаются несколько несовместимых альтернатив.

Даже в императорском Китае, славном формализованной системой аттестации кадров (государственные экзамены), в которой было детально регламентировано по возможности (для русского человека до невозможности) все, периодически в качестве альтернативы формализованным экзаменам устраивались «экзамены цветов и плодов», на которых выявлялись способные люди, не укладывавшиеся в формализованную систему аттестации.

Теперь перейдем к другой предпосылке — теории мягких моделей В. И. Арнольда [1]. Основные положения теории Арнольда можно сформулировать для наших целей следующим образом.

1. Наиболее легко понимаемые и привлекательные модели чаще всего дезориентируют на практике.

2. Исключительно опасной является операция оптимизации, поскольку оптимум ищется на базе существующего теоретического приближения и может оказаться просто гибельным в реальных условиях.

3. Поэтому любой теоретический совет требует двойной перепроверки: на, скажем грубо, линейном и нелинейном уровне.

4. Если линейное приближение брать в рядовой ситуации, достаточно далеко от оптимумов и особых точек, то оно, как правило, хорошо работает.

---

<sup>3</sup>В качестве отступления можно заметить, что предложенные методы не претендуют на преодоление теоремы Гёделя или теоремы Чейтина о непознаваемом, хотя многие физики и философы выражали уверенность, что недетерминированность вернёт нам иллюзию всеислия рассудка. В частности, в работе [8] (см. также [3]) показано, что эти теоремы не зависят от предположения о детерминированности и от наших конкретных формулировок понятия алгоритма.

<sup>4</sup>Последнее было их единственной ошибкой!

5. Если линейное приближение хорошо работает вблизи оптимума, то оптимум является потенциальной ямой, из которой будет трудно выбраться в случае изменения условий.

В целом все вышеизложенное можно резюмировать следующим образом: оптимальность, устойчивость и жизнеспособность противоречат друг другу. В реальности, достигая двух из этих целей, мы убиваем третью. Таким образом, нужно сознательно выбирать, чем жертвовать: устойчивостью или оптимальностью.

Следующая предпосылка возникла из теории уровней знаний и умений (кн. Белосельский-Белозерский, конец XVIII века, современное изложение и развитие в соответствии с результатами науки XX века см., например, в работе [4]). Основные положения этой концепции можно сформулировать для наших целей следующим образом.

1. Уровни знаний и умений — тонкие сферы в пространстве невежества и полужнания. Между ними достаточно большие расстояния, и перейти ползком с одной на другую невозможно.

2. По этой причине чуть недоученный человек лучше чуть переученного.

3. Достоинства некоторого уровня обычно становятся недостатками следующего, и наоборот. Поэтому линии поведения на разных уровнях совершенно различны. По этой же причине высшие сферы отнюдь не обладают абсолютными преимуществами по сравнению с низшими: «мамы всякие нужны.»

4. Для высших уровней, начиная с уровня метода, знания и умения начинают обладать следующим общим свойством: они становятся в значительной мере независимы от конкретной предметной области и могут прикладываться во внешне совершенно несвязанных областях. Более того, конкретные их применения могут выглядеть для внешнего наблюдателя совершенно различными по форме, поскольку их связывают прежде всего высокоуровневые идеальные структуры.

5. Поэтому часто высокоуровневое знание, применённое в конкретной области, остаётся вещью в себе и выглядит случайной догадкой, пока оно не конкретизировано для людей, стоящих на более низких сферах.

6. Одной из высших сфер знания, присущей менталитету русских специалистов, является сфера многоуровневого критического мышления, соответствующая теории неформализуемых понятий.

С этой концепцией связана структура данной работы: можно было бы просто предложить метод хаотического управления, но тогда бы он выглядел именно вещью в себе, неизвестно откуда взявшейся, и его применение могло бы оказаться более тяжёлой ошибкой, чем неприменение в подходящем для него случае, поскольку он немедленно оброс бы кучей «присущих ему особенностей», на самом деле к сути его отношения не имеющих.

Теперь применим данную концепцию к конкретным русским людям, с которыми мы живем.

- Сильная сторона русских — негативное мышление.

- Позитивное мышление концентрируется на том, чтобы везде увидеть положительные стороны. Оно оптимистично и на первом уровне ведет к успеху.

- Позитивное мышление заставляет закрывать глаза на неудачи. Оно соответствует подростковому мировоззрению американцев и стратегии прямых действий, наименее эффективной и наиболее расточительной, но весьма успешной в случае большого избытка ресурсов и толкового управления ими в течение действия<sup>5</sup>. Неудачи являются наиболее ценным источником информации о путях управления, если их, конечно, проанализировать жёстко и спокойно.

- Негативное мышление концентрируется на препятствиях и недостатках, но на втором уровне — на том, как использовать негативные факторы в положительную сторону.

- Оно соответствует мировоззрению зрелых людей и стратегии непрямых действий. Заставить противника одержать пиррову победу обычно намного выгоднее, чем разбить его в лобовом столкновении.

- Оно требует намного больших затрат интеллектуальных ресурсов, чем позитивное, и плохо поддается алгоритмизации.

- Оно специализируется на том, чтобы выглядящее как неудача стало в конечном итоге ступенькой на пути к цели.

---

<sup>5</sup>Примером здесь является американская стратегия времён второй мировой войны. При отвратительном качестве своих воинов был создан громадный избыток технических средств и, самое главное, разработаны и применены методы эффективного управления ими (исследование операций). А без этого, скажем, Роммель или адмирал Того были превосходящие 'всего в разы' силы американцев и англичан.



И, наконец, рассмотрим концепцию Д. Гильберта, которая также играет важную роль в нашем анализе. Её основные для нас положения следующие.

1. Большинство высокоуровневых понятий не могут иметь прямой реализации на практике. Они требуют для применения подстановки в них других теоретических концепций и целых планов действий. И лишь после такой подстановки получается реализуемый объект.
2. Тем не менее действительно сильное решение получается лишь при их использовании. Проигрыш при использовании лишь эмпирических понятий – просто фантастический: башня экспонент.
3. Эффективное решение характеризуется важнейшей ролью призраков: понятий, не присутствующих в конкретной программе (плане), но необходимых для её осознанного применения и модификации. Примером такого призрака является предположение об устойчивости математической формализации системы. Устойчивость может быть проверена лишь косвенно, но без неё решение будет реализуемо лишь в принципе.
4. Обратной стороной призраков являются подпорки: не нужны для решения задачи, но вставляются с тем, чтобы согласовать концепции с имеющимися инструментами либо чуть-чуть выиграть в эффективности. Это, в частности, в программировании конкретные приемы оптимизации программ.

Во избежание недоразумений заметим, что наша концепция не имеет никакого отношения к идеям Пригожина. Мы рассматриваем не самоорганизацию хаоса, а организацию работы целенаправленного агента в хаосе.

#### 4. Основные элементы концепции

Прежде всего, выделим критические моменты анализа нынешнего положения дел и основные направления, на которые ориентирована концепция.

Концепция зародилась, когда в соответствии с теорией неформализуемости и общими принципами негативного многоуровневого критического мышления возник следующий вопрос. Система стилей программирования, описанная в книгах [5, 6], сама основана на теории неформализуемых понятий и классифицирует столь разные концепции, как сентенциальное, автоматное, структурное, событийное и функциональное программирование. Но тем не менее: какова же её естественная альтернатива? Для ответа необходимо прежде всего выделить священную корову, которая неявно присутствует во всех работах по программированию. Конечно, искать нужно, прежде всего, нечто вообще необсуждаемое и автоматически принимаемое как данное, либо упрятываемое во внешне невинное математическое определение.

Главный идол программирования — понятие *процесса*. Программа — это заранее распланированный процесс. Конечно же, сама возможность распланировать процесс на много шагов вперед стала уникальным расширением наших возможностей управления и исключительно ценна. Но возникает другой (ехидный) вопрос: а когда же это не работает?

Современное программирование для учёта реальной неполноты наших знаний и реального хаоса, который привносят и программисты, и пользователи, и другие непредсказуемо взаимодействующие элементы программного окружения, пользуется понятием исключительной ситуации. Опыт показывает, что программа, в которой достаточно много исключительных ситуаций, начинает разваливаться под их тяжестью. В классических работах по структурному программированию говорилось, что процент исключительных ситуаций заведомо должен быть меньше 5%, некоторые из методик индустриального и экстремального программирования, базирующиеся на ООП, доводят допустимую частоту их до 10% (если брать рекламные оптимистичные заявления).

Итак, вторая критическая характеристика — это *альтернатива между реальным хаосом (хотя бы частичным), и принципиальным порядком*. Теперь рассмотрим само понятие хаоса, которое становится центральным в нашей работе. Оно опять-таки совершенно отлично от пригожинского. Прежде всего, *мы не предполагаем наличия в хаосе статистических закономерностей*, поскольку уже само введение таких закономерностей неявно протаскивает множество исключительно сильных структур и вместе с ними целое стадо невидимых священных коров (достаточно упомянуть лишь следующие две: измеримость действительными числами, причём при весьма регулярной шкале, допускающей все действия, вплоть до дифференцирования; наличие функционала, характеризующего, скажем, нормальное распределение ошибок). Это в соответствии с духом неформализуемости не исключает использования вероятностных моделей для грубого моделирования и массивного тестирования систем. Но любым тонким результатам, основанным на математическом исследовании таких моделей, нельзя с практической стороны верить ни на грош, пока они не перепроверены совершенно другой моделью.

В качестве примера гибели статистических моделей достаточно рассмотреть знаменитые действия Дж. Сороса по обвалу фунта стерлингов и рубля. Целенаправленная интеллектуальная личность полностью билла статистику (на короткий период, но этого хватило для спекуляций).

Итак, хаос у нас на самом деле – совокупность действующих агентов (живых либо программных), со своими целями и своей внутренней логикой, в которых пытаться разобраться зачастую просто вредно.

Это не примитивный негативизм (когда можно успешно применять стандартные методы управления, действуя от противного): хаотический агент может выполнить действие, может сорвать его и может неожиданно для всех проявить инициативу и выполнить его намного лучше, чем предусмотрено.

Срыв обязательств ещё более или менее учитывается традиционной системой управления, а вот слишком хороший результат либо пропадает в такой системе, либо (в программной) «вешает» её хуже любой ошибки, либо (в административной и фирменной) приводит к изгнанию работника как недисциплинированного.

Наша первая предпосылка — нужно научиться работать в условиях полного хаоса, а дальше видно будет.

Что же мы имеем в ситуации хаоса? Процессы разваливаются, поскольку даже при шансах<sup>6</sup> успеха каждого шага 80%, процесс, распланированный на пять шагов вперед, наверняка сорвется. Поэтому остаётся совокупность действий. Чтобы эта реальная совокупность работала, нужно построить для неё идеальное окружение и конкретизировать некоторые его элементы в качестве управляющих структур.

Традиционное описание действия в современной теории — тройка  $\{A\}SB$ , где  $A$  — предусловие действия,  $S$  — само действие,  $B$  — его постусловие. Если на входе выполнено предусловие, то после действия с гарантией будет выполнено постусловие.

Подобное описание имело два варианта. В программных логиках предусловия и постусловия рассматривались внутри текста программы, что для нас абсолютно неприемлемо. В динамических логиках эти описания рассматривались как изолированные сущности, по этой причине динамические логики дали ряд интересных математических результатов, но в качестве аппарата для исследования реальных задач использованы не были. Поэтому в качестве аппарата могут быть исследованы динамические логики.

Первый же взгляд на результаты динамических логик показывает, что постановка задачи использования данного класса логик в качестве описания процессов отнюдь не лишена смысла. В них с самого начала исследовались возможности, когда результат не полностью гарантирован (недетерминированные действия), и предусловие зачастую неявно использовалось в качестве критерия возможности применить действие.

Для наших целей формализация действия должна иметь ещё один важнейший компонент. Поскольку в любой момент мы должны иметь возможность осознанного выбора реализуемого действия среди всей совокупности реализуемых в данный момент действий, действия должны снабжаться *приоритетами*. Система приоритетов сразу же ставит следующие три вопроса:

1. Являются ли приоритеты директивными, то есть, обязательно исполняется действие с наивысшим приоритетом, либо рекомендательными, когда действие выбирается с учетом приоритетов, но не обязательно самое приоритетное?
2. Являются приоритеты статическими либо динамическими?
3. Приоритеты линейно упорядочены, либо могут быть несравнимые приоритеты?

Ответим на все три этих вопроса наиболее принципиальным образом.

**Первый вопрос.** Поскольку хаос состоит из субъектов, при полностью упорядоченном поведении управляющего субъекта (или программы) хаотические индивидуумы могут быстро приспособиться к нему и начать его использовать самым непредсказуемым и изощрённым способом. Поэтому *необходимо сделать приоритеты рекомендательными*.

**Второй вопрос.** Поскольку важнейшим компонентом описания действия в реальной обстановке является время исполнения, конечно же, приоритеты должны динамически пересчитываться. Далее, это облегчает возможность учета неожиданных хороших сюрпризов.

**Третий вопрос.** Если система приоритетов будет одномерной, то мы будем захлестнуты текучкой хаоса. Всё время будут исполняться лишь «горящие» действия, и всякая перспектива окажется потерянной. Более того, это означает, что мы не сумеем использовать недостатки хаоса как достоинства. Можно выделить следующие измерения в приоритете действия (пока что весьма грубо): важность действия, ценность действия, необратимость действия, желаемое время исполнения, стратегическая ценность.

Последний компонент приоритета исключительно важен. Стратегические действия должны исполняться практически всегда, хотя их доля может быть разной.

Итак, мы приходим к следующему описанию совокупности действий. Действие определяется структурой

$$\{A\}[P][T]S\{B\}, \quad (1)$$

где  $A$  — условие действия,  $P$  — описание многомерного приоритета действия,  $T$  — текущий приоритет,  $S$  — само действие,  $B$  — обещание действия.

<sup>6</sup>Здесь и в дальнейшем, когда говорится о вероятности либо шансе, ни в коем случае не имеется в виду математическая или статистическая формализация вероятности; это лишь грубая оценка относительного числа каких-то событий.

Условие становится гораздо более жёстким, чем в программных логиках: это то, без чего действие не может быть реализовано, например, готовность соответствующих данных либо исполнителя. Обещание, зато, становится гипотезой: может быть, это случится, пока что мы именно на это и рассчитываем. Текущий приоритет является двумерным. Он состоит из тактического и стратегического приоритетов действия.

Базовый процесс хаотического управления характеризуется следующей моделью.

**Базовая модель хаотического управления**

Имеется совокупность действий, описанных в форме

$$\{A\}[P]S \{B\} \quad (2)$$

Имеется качественная оценка ситуации: от рядовой до критической («К нам едет ревизор»).

Имеется база данных о готовности исполнителей и информационных объектов.

Без учёта качественной оценки ситуации пересчитываются приоритеты всех действий, для которых выполнены условия. С учетом качественной оценки ситуации определяется процент стратегических действий (от 50% до 0%).

Недетерминировано выбираются действия и распределяются между исполнителями.

После получения некоторого количества результатов процесс планирования повторяется.

Действие, распределённое для исполнения, но не давшее никакого отклика, вновь включается в потенциально исполнимые после пары шагов планирования либо истечения вероятного интервала его исполнения.

Отметим следующие факторы.

Для организации базового хаотического управления нам нужно описание совокупности действий. Ныне реально легче всего получить описание такой совокупности из описаний процессов, поскольку модель процессного управления слишком въелась в головы большинства людей. Разложив описания процессов на действия и, более того, запросив у нескольких экспертов несколько описаний одного и того же процесса, получаем совокупность действий. Стратегический приоритет может устанавливаться как субъективно авторизованным индивидуумом, так и полуавтоматически, рассматривая действия, встречающиеся во многих описаниях процессов и не относящиеся к числу рутинных.

Далее, вопрос об оптимизации процесса хаотического управления даже не поднимается. Мы сконцентрировались на устойчивости.

Далее, улучшение плавучести в хаотическом море невозможно без детальной системы журналирования и регулярного анализа журнала. Приведём маленький пример. Оценка реальности обещания нужна, и разумнее всего получить её из журнала с записью деятельности исполнителя, которому действию поручается. Но даже если он до сих пор не срывает действие, рассчитывать на то, что он его обязательно выполнит, нельзя: тут-то вас и стукнет хаос!

И, наконец, рассмотрим необычные ситуации. Обычные чрезвычайные ситуации здесь ликвидированы как класс: просто реальность учитывается на очередном цикле распределения работ. Но остаются два вида весьма неприятных чрезвычайных ситуаций: отмена действия и «Москва неожиданно изменила все формы отчетности и нормы».

Отмена действия решается соединением журналирования с принципом перестраховки: при прочих равных (и даже не очень равных) условиях необратимое действие исполняется лишь тогда, когда другого выхода не остается.

Второе — это уже один из многих творческих вопросов, возникающих здесь. А именно, здесь нужна методика программирования, причем новая. Да и теоретических проблем здесь очень много: в частности, совершенно другая система описания действий и новая система приоритетов, не исследованная в современной информатике.

**5. Учет порядка**

Чтобы наше решение стало лучше, мы ни в коем случае не должны пытаться оптимизировать его (что противоречит живучести), но должны учесть реальность в виде неожиданно прорывающегося через хаос порядка.

Пусть ситуация в некотором количестве случаев предсказуема. Тогда можно было бы пытаться как-то организовывать процессы. Но прямой ввод процессов в данную модель ведет к грубейшему концептуальному противоречию и самоубийству системы.

Тем не менее даже в базовой модели, погруженной в реальное окружение, процессы присутствуют как призраки, в терминах которых реальные люди описывают реальную деятельность.

Чтобы повысить эффективность работы в случае некоторого порядка, можно часть из этих призраков использовать для создания подпорок. Такими подпорками могут стать виртуальные процессы.

*Виртуальный процесс* — сеть действий глубиной не более 5 действий (реально лучше не планировать более чем на 3 шага вперед). Виртуальный процесс образуется из процесса-призрака вырезанием из него фрагмента, опирающегося на реализуемые в данный момент действия и использующего лишь доступных исполнителей. Действия, включенные в виртуальный процесс, временно получают высокий стратегический приоритет. Никаких условных операторов и циклов в виртуальном процессе нет и не нужно: виртуальный процесс может быть в любое время отменён и заменён другим, что реализует

эффекты от условий и циклов. Зато недетерминированность и распределенность должны присутствовать с самого начала.

Наличие виртуальных процессов позволяет также эффективнее использовать приятные неожиданности: они просто приводят к появлению тех виртуальных процессов, которые без них были бы невыполнимы.

В совокупности относительное поведение нашего возможного решения и существующего решения от упорядоченности можно представить следующей диаграммой.

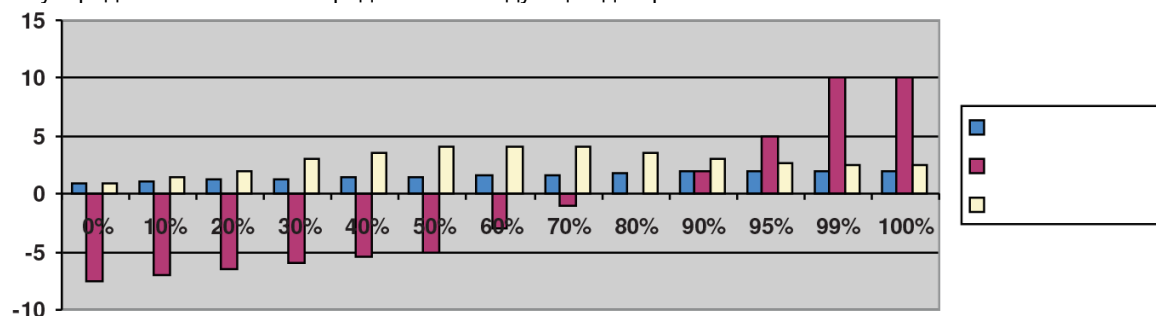


Рис. 1: Качество работы элементарного хаотического решения (синее), виртуальных процессов (желтое) и стандартного метода (фиолетовое)

По горизонтали отложен ожидаемый процент ошибок и исключительных ситуаций, по вертикали — качественная шкала полезности (10 — великолепно работает, 0 — не помогает, но и не мешает, -10 — полностью дезориентирует). Данные о программировании взяты из анализа множества работ по структурному программированию, метрике программ, экстремальному и индустриальному программированию. Практически нигде там нет этих данных в прямом виде, они берутся лишь из косвенных советов и наблюдений. В частности, интересно, что при начале работ по структурному программированию, после осознания концепции исключительной ситуации, работоспособной считалась лишь система, в которой исключительных ситуаций заведомо меньше 5%, а объектно-ориентированный подход позволил поднять эту планку до 10%. Но в данном случае брались заведомо оптимистические оценки. Для нашего же решения брались самые пессимистические оценки.

Наше решение лишь удовлетворительно для систем, близких к упорядоченным, но зато оно весьма устойчиво по отношению к хаосу. Ухудшение ситуации его не разваливает, а улучшение несколько улучшает. Учёт порядка позволяет улучшить производительность на самом критическом интервале — 20-80% штатных ситуаций.

## 6. Индустриальное и экстремальное программирование: краткая характеристика

В современной информатике имеется два принципиально различных подхода к формализации и программной поддержке сложных задач.

### 6.1. Индустриальное программирование (ИП)

При этом подходе заказчик работы рассматривается как информационный аналог покупателя либо, скорее, заказчика в ремесленной мастерской.

Заказчик формулирует задачу, уточняет совместно со специалистами ее постановку и принимает промежуточные и окончательные результаты работы. Заказчик представляет, что ему хотелось бы, но некомпетентен в вопросах, как этого лучше достичь (но в худшем для исполнителя случае считает себя компетентным). Исполнитель вынужден сам анализировать и содержательную область, и средства реализации. Успешная работа возможна, лишь *если будет достигнута взаимная компенсация слабейших сторон исполнителя и заказчика*.

Ввиду некомпетентности заказчика (потребителя), типичные методики индустриального программирования обращают внимание на следующие вопросы, в порядке их приоритета:

- Внешнее оформление продукта. Именно в данном вопросе удастся добиться наиболее прямого и быстрого контакта с заказчиком и частично использовать получаемые сведения для решения других задач.
- Потребительские качества продукта. Удобство использования и понятность стоят здесь на первом месте.
- Содержательное наполнение продукта. Поскольку заказчик предполагается полностью некомпетентным в данном вопросе, эту часть исполнители формируют сами с учетом того, чтобы она не вредила первым двум пунктам.

### 6.2. Экстремальное программирование (ХР)

При этом подходе заказчик рассматривается как коллега, заинтересованный прежде всего в содержательных результатах работы. Он, безусловно, предполагается компетентным в рассматриваемом вопросе в гораздо большей мере, чем специалисты, реализующие программную систему. Но специалисты более компетентны в вопросах реализации и свойств информационной среды, используемой для этой

реализации. Таким образом, качественное решение может получиться лишь *соединением сильнейших сторон заказчика и исполнителей*.

Этот подход подобен работе инженеров с заказчиком нового прибора.

При экстремальном программировании, в порядке приоритета, рассматриваются следующие вопросы.

- a) Как выразить то, что нужно заказчику, в точных терминах, понятных как заказчику, так и исполнителям.

Здесь возникает взаимно приемлемая спецификация будущей системы. Как показывает опыт, для успешной реализации системы отнюдь не является препятствием то, что одни и те же предложения спецификации заказчик и исполнители понимают по-разному ввиду разницы точек зрения. Это даже помогает для следующей задачи.

- b) Строится совокупность примеров, на которых должна будет проверяться будущая система (тестов).

Набор тестов все время пересматривается и дополняется в ходе реализации. В первую очередь тесты проверяют требования, где выявилась разница точек зрения заказчика и исполнителей, чтобы удостовериться, что разные пути ведут к одной и той же цели.

- c) Строится архитектура будущей системы. Это единственная внутренняя задача исполнителей.

- d) Прорабатываются вопросы внешнего оформления и удобства использования.

При этом главное внимание обращается на то, чтобы внешняя красота не испортила достигнутых содержательных результатов.

Данная характеристика индустриального и экстремального программирования обсуждена в январе 2006 г. на трех семинарах с участием ведущих специалистов (Москва и конференция в г. Переславль) и признана новой и более адекватной, чем имевшиеся до сих пор в литературе. При обсуждении было обращено внимание на то, что данная характеристика полностью абстрагировалась от случайных конкретных деталей реализации того или иного ведущего в данный момент способа реализации ИП либо ХР и выделила именно основные черты двух важнейших подходов.

## **7. Применение к анализу административной деятельности**

### **7.1. Общий анализ**

Как известно, в последнее время проблема автоматизированной поддержки административной деятельности, в частности, электронных административных регламентов (ЭАР) является одной из актуальных, и к ее решению ищут подходы во всем мире. В данной работе представлены результаты системного и логического анализа существующего положения вещей и возможных направлений исследований.

Прежде всего, стоит заметить, что данная область является исключительно сложной с концептуальной точки зрения, а вдобавок такой, где легкомысленное отношение к задаче как к чисто технической немедленно и беспощадно мстит за себя. Она представляет собой классический пример одного из основных видов человеческой деятельности последних десятилетий: формализации неформализуемых понятий.

Чиновник не может действовать лишь по инструкции, а если даже он действует точно по инструкции, то в условиях России ситуация на практике оказывается абсолютно невыносимой. Административная деятельность активно сопротивляется формализации, и вместе с тем ее формализация необходима. Таким образом, в частности, нужно четко осознать вред иллюзии примитивного позитивного мышления и постановки как реальных задач идеальных целей, достижимых только в принципе. Вновь напоминаем, что в принципе возможно необходимо понимать как на практике невозможно, а чаще всего даже вредно. Подгонять человека под принцип — основная ошибка идеологизированного мышления (все равно, либералов или коммунистов). Нужно приспосабливать принципы к реальным людям. Так что эта работа написана с точки зрения консерваторов.

Рассмотрим показательный пример. В мировых работах по формализации административной деятельности по умолчанию предполагается, что эта деятельность является бизнес-процессом. Использование термина «процесс» критическому анализу не подвергается вообще, принимается как данное по умолчанию. Опыт работы со сложными неформализуемыми понятиями и анализ возникающих в реальности проблем показывает, что именно такие легкие и необсуждаемые умолчания таят в себе зародыш многих бед.

Итак, первый вопрос: можно ли применять к административной деятельности понятие процесса? И второй вопрос, неразрывно связанный с этим. На самом деле происходит ещё одна подмена: общее понятие процесса заменяется на привычную программистам его реализацию. Анализ всех применяемых инструментов показывает именно это, более того, этой реализацией является понятие программного бизнес-процесса, которое настолько близко во всех имеющихся программных реализациях, что практически можно считать его фиксированным. Даже если после анализа ответ на первый вопрос окажется благоприятным, то остаётся второй.



Итак, первый вопрос: является ли административная деятельность процессом? Отвечая на него, можно увидеть, что административная деятельность имеет два полюса.

На одном полюсе находится та, где практически не возникает проблем при формализации её нынешними методами, когда административный аппарат является чем-то типа машины для реализации запросов и ведения учётных баз. Примером такой деятельности являются почти все функции отделов ЗАГС. Характеристиками такой деятельности являются:

- a) Упорядоченность и хорошая регламентированность. Дыр и противоречий в нормативных документах мало, и они на практике встречаются редко.
- b) Наличие в любом административном акте либо всего одного гражданина, либо совокупности граждан, объединенных общей целью. Под гражданином здесь понимается человек, обратившийся в административную систему не как её член. Скажем, в акте регистрации брака имеются несколько человек (пара и свидетели), интересы которых почти всегда общие: как можно быстрее отпраздновать свадьбу. Таким образом, в этих областях деятельности внешние взаимоотношения граждан друг с другом либо взаимоотношения граждан с чиновниками играют пренебрежимо малую роль.
- c) Отсутствие в решениях волеизъявления чиновников.

Но, как отмечается в отчете московской группы [11], наиболее критическими являются другие области, скажем, землеустройство, характеризующиеся следующими признаками:

- a) Неупорядоченность и пере- либо недорегламентированность. Дыр и противоречий в нормативных документах много, и они на практике встречаются на каждом шагу.
- b) Наличие во многих административных актах взаимодействия граждан, имеющих противоречащие друг другу интересы. Скажем, в акте отвода земельного участка под строительство часто имеются несколько лиц, претендующих на данный участок, и их интересы конфликтны. Таким образом, в этих областях деятельности внешние взаимоотношения граждан друг с другом либо взаимоотношения граждан с чиновниками играют исключительно важную роль.
- c) Присутствие в решениях волеизъявления чиновников.

Видно, что решения, апробированные в мировой практике только в первом случае, пытаются перенести на в корне от него отличный второй. Этим печальным выводом можно завершить первую стадию анализа.

Теперь перейдем к анализу самого понятия процесса, используемого в формализации административных систем.

Коренные различия административного процесса и бизнес-процесса легко усмотреть, скажем, на примере анализа общепринятых в мировой практике принципов оценки систем поддержки бизнес-процессов с точки зрения административных процессов. Выделяются следующие пять принципов [11].

1. «Системность описания» — сочетание методов структурного, функционального и процессного моделирования бизнеса;
2. Открытость для описания новых знаний о моделируемой бизнес-системе;
3. Скорость моделирования и внесения изменений («хоть три раза в день») — технология не должна сдерживать изменения;
4. Выразительность и наглядность результатов (обеспечение взаимопонимания при командной работе — язык общения управленческого звена компании);
5. Генерация документов в общепринятых (мировых и национальных) стандартах.

Анализ данного списка выявил еще раз правильность поговорки о «благих намерениях, которыми вымощена дорога в ...». Проанализируем различные его пункты.

Казалось бы, пункт 1 не может вызывать никаких возражений. Однако известно, что система является не столько объективным, сколько субъективным понятием, она выделяется на базе некоторой системы предпочтений, и в данном случае неявно заложено предпочтение функционального и процессного описания, а не описания, скажем, на базе ограничений и условий. Даже не анализируется вопрос о том, какой вид описания систем лучше именно для административных систем. Таким образом, этот пункт сформулирован неудовлетворительно, поскольку создает впечатление безальтернативности в случае наличия принципиально важной альтернативы. Его анализ позволяет выделить важную проблему, которая рассматривается в дальнейшем.

Пункт 2, казалось бы, ещё более очевиден. Но, принимая во внимание, что процесс формализации административной системы является сложной смесью описания уже устоявшегося и административного давления с целью изменения некоторых аспектов устоявшегося, мы приходим к выводу, что в данном случае порою нужна не столько открытость, сколько закрытость. Если некто утверждает, что получил

новое знание об административном процессе, это новое знание нужно прежде всего верифицировать на соответствие всей системе, а лишь затем включать в систему. В этом состоит позитивная сторона нередко раздражающего людей процесса согласования административных решений.

Пункт 3 *полностью противоречит сути административной системы*. Представляете себе кошмар гражданина, взаимодействующего с модифицируемой несколько раз на дню административной системой?! Во многих случаях достаточно изменений раз в полгода-год (например, наш институт столкнулся с этой проблемой при регистрации диссертационного совета: когда очередь до рассмотрения заявки провинциалов доходила, оказывалось каждый раз, что Москва уже изменила формы или порядок и нужно подавать заявку заново). А в случае системы образования изменения раз в несколько лет приводят к ситуации “инновационного регресса”. Оценить итог нововведений можно лишь через 10-20 лет. Тут необходим механизм верификации изменений на предмет согласованности с другими частями системы и тщательной их проверки перед введением в исполнение, и, таким образом, совершенно другая система критериев оценки.

Пункт 4 — единственный, который не вызывает серьезных возражений.

Пункт 5, конечно же, выглядит полностью адекватным для административной системы. Но если нечто выглядит слишком хорошим, надо обязательно посмотреть, а нет ли здесь ловушки Дьявола. Она зияет и в данном месте.

В самом деле, коренной разницей бизнес-процесса фирмы и административного процесса учреждения является разница между менеджером и чиновником. Менеджер (или работник, частично исполняющий функции менеджера в некоторых случаях) по определению уполномочен принимать некоторые решения. Первичным источником легитимности решения является то, что оно исходит от уполномоченного на это лица, а *дополнительным ограничением* является проверка его соответствия нормативным актам. Таким образом, в случае бизнес-учреждения действительно исключительно важно обеспечить корректное **ОФОРМЛЕНИЕ** решений уполномоченных лиц, то есть порождение соответствующих легитимных документов.

Но в случае административного учреждения чиновник с функциями менеджера прежде всего является проводником процессов применения законов и административных регламентов. Слишком часто решение, которое он подписывает, является не результатом его собственного волеизъявления, а результатом того, что по закону он обязан совершить данное действие. Таким образом, *оформленный по всем правилам документ, основанный на ошибочных предположениях, является незаконным*. Документ в данном случае является не результатом работы, а результатом взаимодействия процесса волеизъявления лица, запросившего данный документ, и проверки легитимности и обоснованности его запроса со стороны административных органов.

Таким образом, здесь напрашивается переход от описания административного процесса как процесса производства документов к описанию его как процесса ведения и проверки реестров и запросов к реестрам. Например, кредитная карточка сама по себе документом не является, если её идентификационные данные не содержатся в реестре соответствующего банка и если у Вас на счету нет запрашиваемой суммы. Переход от системы документооборота к системе ведения и взаимодействия реестров, видимо, неизбежен при внедрении электронных документов, и его элементы уже начали появляться. Он заодно является способом решить проблему бесконечных справок в традиционном документообороте.

Первой ласточкой в данном направлении можно было считать отмену обязательного представления налоговых деклараций многими категориями граждан. Наличие в фискальных органах убедительной совокупности зарегистрированных документов об уплате налогов по месту основной работы и дополнительных заработков верифицирует гражданина как исправного налогоплательщика и сокращает документооборот.

Заметим, что понятие документа сохраняется в некоторых исключительно важных случаях. Во-первых, документ может не быть частью никакого реестра (как, например, завещание). Во-вторых, реестр административных документов не заменяет самих этих документов. Нормативный акт является результатом волеизъявления уполномоченного на это лица или органа. Он может быть верифицирован, но не порождён. Для документов в собственном смысле этого слова реестры могут быть частью процесса верификации документа (например, нотариально заверенное завещание должно сопровождаться соответствующей записью в реестре нотариуса об акте его составления и заверения). И вообще, процесс верификации данных, документов и далее процессов является важнейшим в данной области, а в бизнес-процессах он носит вспомогательную роль.

Далее, в приведенном перечне не указаны важнейшие для административной системы критерии полного учета административных ограничений и выявления как тех случаев, когда чиновник должен принять решение сам, так и тех, когда его деятельность регламентирована нормативными документами. И уж полностью игнорируются реальные случаи, когда любое из действий чиновника противоречит некоторым из документов, поскольку они не согласованы, а согласовать их возможно лишь на других уровнях иерархии или даже лишь при участии других ветвей власти (например, Думы и Президента).

Таким образом, первая же принимаемая по умолчанию аксиома подавляющего числа работ по электронным административным регламентам оказывается в высшей степени сомнительной. Но, тем не менее, в соответствии с духом теории и практики работы с неформализуемыми понятиями, это отнюдь не исключает использования систем поддержки бизнес-процессов в данной области, требуется лишь

понимать, что это решение будет временным (впрочем, сам характер данной области как неформализуемой делает таковым любое решение; как только решение становится постоянным, оно начинает постепенно увеличивать приносимый вред, а польза постепенно становится мнимой).

Теперь перейдём ко второй аксиоме, принимаемой в большинстве работ по административным системам: нужно пользоваться хорошо разработанными методами инженерии знаний и промышленного программирования. Чтобы увидеть вред данного положения, достаточно рассмотреть процесс внедрения системы формализации административной деятельности. Это внедрение обречено на неудачу, если нет энтузиастов внутри учреждения, деятельность которого формализуется. Таким образом, в данном случае административный работник должен быть не пассивным потребителем, которого интервьюируют высокопоставленные специалисты и затем расписывают результат в эффектно выглядящей системе, а полноправным соучастником работ. Возвращаясь к информатике, мы видим, что в данном случае немедленно переходят из области, где эффективно индустриальное программирование, в область, где эффективно экстремальное. Но в чистом виде экстремальное программирование, так, как оно описано в распространённых руководствах, неприменимо к административным процессам. В экстремальном программировании система всё время меняется и тестируется, а в административной деятельности, как уже было обосновано, необходимо соблюдать разумный консерватизм, и, конечно же, абсолютно недопустимо превращать чиновников и граждан в подопытных собачек. Поэтому необходим дополнительный анализ проблемы.

### **7.2. Анализ возможности описания административных систем с помощью средств индустриального программирования**

Главная характеристика индустриального программирования, впервые четко сформулированная в книге [5] и поддерживаемая в неофициальных разговорах ведущими мировыми экспертами в данной области (явно они стыдятся это говорить, и данное положение не звучит в популярных книгах и статьях) следующая.

Индустриальное программирование ориентировано на задачи, где внешнее оформление (упаковка) важнее содержания. Его бурное развитие связано с проникновением на рынок информационных технологий критериев потребительского общества, где зачастую упаковка и реклама составляют более 50% стоимости товара в ущерб его реальным потребительским достоинствам. Ущерб от неадекватности ИП задачам ЭАР можно оценить как реальную опасность полной потери самой идеи ЭАР и подменой ее несколькими красиво упакованными стандартными задачами (база данных, документооборот, финансовый учет).

Автору пришлось проанализировать ряд методик информатизации административных учреждений, в том числе и во время непосредственной работы при помощи дочерней фирмы Интерин нашего ИПС РАН. К несчастью, все рассмотренные методики носят на себе явный отпечаток индустриального программирования, что связано с саморекламой индустриального программирования как универсального метода<sup>7</sup>.

Второй причиной гегемонии индустриального подхода является взгляд на чиновников как на потребителей и исполнителей (а, скажем, типичный менеджер управляет столь сложно организованными и сложно протекающими процессами, с которыми нынешние программисты совладать не могут).

Более того, наиболее детально проработанная и качественная (на 2007 год) открыто опубликованная инструкция по разработке программ электронного правительства ([15], Великобритания) целиком находится в этом же русле.

И одна из опасностей такого подхода в случае медицинских систем была выявлена в ходе наших работ. Как выяснилось после анализа пары помощи нейронных сетей, 98% решений обычных врачей являются результатом механического применения инструкций и “стандартов”, и, как следствие, интеллектуальные системы помощи им просто не нужны. Нужна хорошо организованная и постоянно поддерживаемая адекватно база нормативных документов.

### **7.3. Анализ возможности описания с помощью средств экстремального программирования**

Основная предпосылка экстремального подхода — на первом месте стоит содержание системы. Тем самым он является естественной альтернативой и естественной противоположностью индустриальному.

Поскольку в задачах формализации и поддержки административной деятельности на первом месте стоит ответственность за результаты и за способы их достижения, видно, что данная задача по основной идее гораздо ближе к экстремальному программированию, и, во всяком случае, решать её методами индустриального программирования — грубейшая концептуальная ошибка.

С другой стороны, прямой перенос методик и технологий экстремального программирования на данную область невозможен: здесь нельзя прямо обеспечить непрерывное тестирование системы в ходе создания и изменения.

Анализ существующих методик экстремального программирования (как описанных в книге [10], так и тех, с которыми пришлось столкнуться в практике научного консультирования ведущих информационных фирм в случаях, когда традиционные методы не работали), можно сделать вывод, что непрерывное

---

<sup>7</sup>Надо всегда учитывать, что ни один успешный метод не может быть универсальным, и такая реклама должна рассматриваться либо как намеренное введение в заблуждение, либо как самообман рекламирующих.

тестирование является в некотором смысле священной коровой ХР: модулем методики экстремального программирования, который может быть заменен без ущерба большинству других идей<sup>8</sup>. Тем самым возникает технологическая задача создания варианта ХР, ориентированного, в частности, на исполняемые людьми процессы. Ущерб от неадекватности нынешнего варианта ХР можно оценить как некоторое снижение скорости и эффективность решения задачи программной поддержки административной деятельности, не наносящее ущерба основным характеристикам.

Впрочем, необходимость приспособления к конкретной области является одной из основных черт применения ХР. В частности, *нельзя использовать ХР в случае, если заказчик не готов сотрудничать с программистом*. Переоценка заказчика, который на самом деле является потребителем или же считает себя настолько квалифицированным, что указывает все мелочи и требует мелких отчетов (это другая сторона потребительства) является гибельной ошибкой.

#### **7.4. Выбор методики**

Таким образом, при выборе метода реализации программной поддержки административной системы лучше ориентироваться на экстремальное программирование и избегать реализаций и реализаторов, работающих методами индустриального.

Эти соображения дополняются следующими. Поскольку в случае административной системы заказчики, безусловно, гораздо более компетентны, чем эксперты-информатики, в вопросах конкретики административных процессов, единственным приемлемым способом работы для успешной разработки и внедрения хорошей программной системы поддержки деятельности является экстремальное программирование.

Более того, именно экстремальное программирование является единственной возможностью обеспечить не только успешную разработку, но и успешное внедрение, поскольку внедрение сложной информационной системы в существующую сложную организационную структуру возможно лишь при наличии энтузиастов внутри данной структуры, а чиновники, привлечённые как эксперты, будут рассматривать получившуюся систему как родную (что оправданно, поскольку они вложили в нее свои знания и опыт) и всячески помогать её продвижению.

#### **7.5. Хаотический процесс в административной системе**

И, наконец, перейдем к самой первой из выявленных проблем: а насколько адекватен сам подход, основанный на описании функций и процессов?

В случае современных систем моделирования бизнес-процессов процесс представляется как аналог компьютерной программы. Это означает, что, с точностью до выбора вариантов, он жестко фиксирован. Именно в данной связи исключительную важность приобретает требование возможности его быстрого перепрограммирования. Но, поскольку в случае административного процесса быстрое перепрограммирование исключено, становится весьма сомнительной обоснованность самого процессного подхода.

Более того, в случае русских реальных исполнителей (помните, что в принципе хорошие решения нами отбрасываются с самого начала; лучше реально удовлетворительное, чем в принципе отличное) всё описание процесса будет состоять из массы обработки исключительных состояний и сбоев, и станет совершенно неработоспособным для сколько-нибудь вариативной системы. Оно годится лишь для работ, где вся деятельность однозначно расписана существующими нормативными документами (например, упомянутые выше многие функции ЗАГСов или, к несчастью, деятельность рядовых врачей). Тем не менее как временное и ограниченное решение такие системы могут применяться в некоторых областях, три основных характеристики которых описаны выше. Если же представить себе гипотетически полную регламентацию работы, то сразу же возникнут следующие факторы. Во-первых, эту систему будут целенаправленно взрывать и разрушать изнутри и снаружи (недовольные чиновники и взбешённые граждане). Во-вторых, в России всегда всё лучше делалось не по воле верхов, а по собственной инициативе русских людей. Царь, скажем, приказывал вернуть Ермака и не ставить фантастическую задачу завоевания Сибири, а ограничиться реальной задачей охраны Руси от набегов сибиряков. И таких примеров несть числа. Так что если даже удастся сломать оппозицию, то «русский порядок» обязательно превратится в полный кошмар, а все лучшие качества русского народа будут беспощадно подавляться в угоду абстрактным принципам.

Возникает вопрос, а можно ли упорядоченно работать в столь хаотичной и недисциплинированной среде?

Как уже было обосновано ранее, ответ: «Да!» Можно, если перейти от процессов к запросам и ограничениям. Тогда события исчезают, поскольку просто идет поток пересмотра запросов, а действия планируются в соответствии с множеством запросов. Но это подход, противоположный заложенному в современные системы бизнес-логики.

### **8. Применение хаотического управления к административной системе**

Рассмотрим программную модель административного процесса, ориентированную на работу в реально совершенно хаотической обстановке.

---

<sup>8</sup>И даже с пользой для них, поскольку некоторые весьма квалифицированные специалисты убежали из фирм, пытавшихся «применять ХР», не выдержав психологического прессинга ежедневного тотального тестирования.

Обстановка описывается как совокупность состояний элементов. Например, состояние документа может быть «находится на экспертизе в экономическом отделе», состояние чиновника может быть «в полной прострации, способен лишь на такие действия, которые не допускают вариантов» либо «отсутствует по неизвестной причине и недоступен по телефону.» Состояния граждан в описании обстановки не входят, поскольку граждане не являются частью административной системы. Критическое действие программной либо гибридной (человек-компьютер) системы состоит в определении по данному состоянию возможных в данном состоянии действий, затем оценке их приоритетов и выбора реально реализуемых приоритетных действий. Таким образом, в 'реале' полностью отсутствует планирование на несколько шагов. Зато в нём полностью отсутствуют исключительные ситуации. Любое событие принимается к сведению и вызывает небольшую перепланировку.

Видно, что уже в данной модели полностью хаотического состояния возникает некоторая структура. А именно, события естественно делить на рядовые, текущие и важные.

Рядовое событие — при котором не требуется внеочередной запуск планировщика. Например, это обращение гражданина за рутинным документом или нормальное завершение очередного пункта работы одним из исполнителей.

Текущее событие — при котором требуется локальная работа планировщика. В частности, это истечение некоторого интервала времени, после чего нужно выдавать новые задания освободившимся либо появившимся сотрудникам, либо неожиданный приход Марьи Ивановны лечить заболевшую кошку.

Важное событие — при котором изменяются приоритеты и требуется полный внеочередной цикл перепланировки. Например, «К нам едет ревизор.»

Таким образом, в данной системе обработка исключительных ситуаций ликвидирована как класс. Причиной этого является то, что мы не пытаемся заглянуть далеко вперёд, а затем лихорадочно поправлять наши планы, поскольку «гладко было на бумаге, да забыли про овраги.»

Необходимо повторно заметить, что такая система неразрывно связана с журналированием действий. В частности, обязательно должны быть журналированы действия, связанные с волеизъявлением чиновника либо гражданина. Журналирование дает возможность осуществлять отмену действий в очень многих случаях. Отмена является опять-таки достаточно рядовым фактом в подобной системе. И лишь отмену можно рассматривать как некоторый аналог исключительных ситуаций.

В связи с отменой необходимо сразу же разделить обратимые и необратимые действия. Необратимые действия нельзя исполнять до тех пор, пока не исполнены все связанные с ними обратимые, хотя бы формально все условия для необратимого действия уже существовали (*принцип перестраховки*). Этот принцип дает возможность более гладко осуществлять отмену действий.

Далее, принцип перестраховки разделяется на две принципиально разных реализации. Если необратимое действие приводит к исчезновению состояний, связанных с внешним запросом, оно должно быть сделано при первой же возможности (*подписано, и с плеч долой!*) Если же оно приводит к изменению состояния самой системы, его реализацию нужно тянуть до последней возможности (*принцип волокиты*), поскольку слишком часто реорганизация разрушает уже налаженную работу.

Виртуальный процесс рассматривается системой планирования как совет, что же делать, чтобы быстрее избавиться от некоторых состояний, дойдя до конечного результата, к которому можно применить принцип *с плеч долой*. Виртуальный процесс может быть в любой момент работы планировщика пересмотрен (поэтому в нём не нужны альтернативы).

## **9. Модель административной системы как распределенной асинхронной программной системы**

### **9.1. Понятие распределенной системы**

Чтобы воспользоваться понятиями информатики для моделирования и анализа административных процессов, необходимо вначале описать сам административный процесс с точки зрения информатики. Конечно же, такое описание можно проделать многими способами: мультиагентные системы, модель потоков данных, распределенные системы. Каждый из этих способов имеет свои достоинства и недостатки.

В мультиагентных системах процесс моделируется как совокупность действий активных объектов (агентов), каждый из которых имеет свои цели и достигает их, взаимодействуя с другими агентами. Одним из способов такого взаимодействия является сотрудничество, а другим — конкуренция.

Несмотря на то, что на первый взгляд такая модель привлекательна, она имеет коренной недостаток. Основная задача административной системы состоит отнюдь не в согласовании интересов отдельных чиновников или чиновников и граждан. Если такая задача возникает, то мы констатируем неудовлетворительное функционирование такой системы. Таким образом, данная модель, широко используемая при моделировании бизнес-процессов или общественных процессов, годится для наших целей лишь для анализа неудовлетворительно работающих подсистем, что не является основной задачей.

В системе потоков данных действия планируются на базе данных. Считается, что действие порождается тогда, когда для него готовы входные данные, и завершается выдачей данных для других действий. Формализмом, наиболее широко используемым в мире для данного подхода, являются сети Петри. Он часто используется для анализа систем документооборота.

Такая модель соответствует логике по крайней мере одного из модулей административной системы и может быть применена к ее компонентам. Но она не учитывает активности лиц, вовлеченных в административный процесс, и плохо справляется с исключительными ситуациями. Таким образом, и данная модель плохо подходит в качестве базисной логики формализации административной деятельности.

Если разобраться с основным содержанием т. н. «электронных административных регламентов» (ЭАР), то на высшем уровне ЭАР менеджера описывает так называемый распределенный процесс. В самом деле, исполнители (особенно у нас в России) ненадежны, работают они одновременно, коммуникации между ними плохо проработаны.

*Констатируя эти недостатки, мы должны постараться превратить их в достоинства.*

Одним из способов описания распределенных систем, шире всего применяемым в мировой практике для описания бизнес-процессов, является  $\pi$ -исчисление Р. Милнера (см. [12, 13, 14]). Базовые конструкции исчисления Милнера следующие.

- Параллелизм, обозначаемый  $P|Q$ , где  $P$  и  $Q$  — два процесса.
- Сообщения:
  - Входной сигнал  $c(x)$ .  $P$  означает, что процесс ожидает сообщения, посылаемого по каналу  $c$ , прежде чем выполнить  $P$ , а получаемое сообщение называется  $x$ . Это соответствует, скажем, ожиданию документа с визой перед выполнением некоторого этапа действия.
  - Выходной сигнал  $[y]$ .  $P$  означает, что сообщение с именем  $y$  посылается по каналу  $c$  перед тем, как исполнить  $P$ . Это может быть передача документа на визу или запрос дополнительных данных.
- Дублирование процесса  $!P$ , порождающее новую копию  $P$ . Это означает, например, поручение работ над независимыми частями документа нескольким сотрудникам.
- Создание нового имени  $(vx)P$ , скажем, создание нового документа или запроса.
- Пустой процесс  $0$ , соответствующий концу работы.

Поразительно, что столь простой набор конструкций (полностью приведенный выше) позволяет в принципе описывать сколь угодно сложные системы параллельного исполнения. Но здесь уместно вспомнить принципы взаимодействия теоретика и практика из статьи [7], один из которых — «в принципе возможно» теоретика практик должен переводить как «практически невозможно».

В частности, именно на системе Милнера базируется BPMML [17], один из самых распространенных языков моделирования бизнес-процессов.

Примером простого описания фрагмента регламента на расширенном для бизнес-приложений исчислении Милнера может служить такой.

Рассмотрим фрагмент ЭАР подготовки ЭАР ЗАГСа.

- 10.4. ЕСЛИ регламент требует полной переделки, ТО инициировать процесс изменения регламента согласно инструкции 125 от 15 июня 2001 г.  
Исполнитель: руководитель
- 10.5. ЕСЛИ регламент не требует полной переделки, ТО назначить ответственного за корректировку каждого параграфа.  
Срок: 1 день.  
Исполнитель: руководитель
- 10.6. Поручить юристу оказывать исполнителям необходимые юридические консультации в процессе корректировки параграфов.  
Исполнитель: руководитель
- 10.7. Все назначенные исполнители выполняют корректировку соответствующих пунктов.  
Срок: 2 недели  
Исполнители: лица, назначенные руководителем за корректировку соответствующих параграфов,  
Консультант: юрист
- 10.8. Провести рабочее совещание.  
Время: через неделю после начала действия п. 7 Исполнители: руководитель  
Участники: руководитель, его заместитель, юрист и все исполнители, которым поручена корректировка параграфов
- 10.9. Провести заключительное совещание.  
Время: через 2 недели после начала действия п. 7 Участники: те же, что в п. 8
- 10.10. Предварительно утвердить изменённые параграфы, поручить окончательно оформить текст откорректированного регламента.  
Срок: 1 день  
Исполнитель: руководитель  
Запишем его в виде  $\pi$ -выражения.



$$\left. \begin{array}{l} ? /text\_(); \\ ? \text{ — полная\_переделка } |\_назначить\_совещание1\_| \\ \quad (v \text{ список}) \forall \text{исполнитель} \in \text{список} \\ ! \text{начало\_исполнения} \\ [готов0](\text{совещание } 1) \\ \text{завершение\_исполнения} \\ [готов] (\text{совещание}2)() \\ | \varepsilon \{ \text{Назначить\_совещание } 1 \text{ ждать\_неделю} \\ (\text{совещание } 1) \text{ совещание\_1 \text{ ждать\_неделю} \\ (\text{совещание}) \text{ совещание \text{ утверждение}() \} \end{array} \right\}$$

Уже из данного примера видно, что исчисление Милнера как математический формализм не совсем адекватно в отношении времен исполнения и трудно обрабатывает ситуации с неопределенным количеством исполнителей. Его практические варианты до некоторой степени преодолевают данные недостатки и дают возможность программе анализировать времена исполнения процессов. Поэтому в данном случае этап математической формализации можно полностью исключить и переходить от формализованного технического задания непосредственно к поддержанному программой тексту. В данном случае проявляется одно из преимуществ методик, основанных на современных высокоуровневых средствах и технологиях информатики: возможность исключения явных математических моделей нечисленных задач.

Более того, такие описания дают возможность воспользоваться стандартными методами анализа и оптимизации процессов для исчисления Милнера, что приводит к возможности применения программного описания не только для моделирования, но и для анализа административной деятельности.

В работе одного из ведущих сотрудников фирмы IBM Уайта [16] предложен достаточно полный набор шаблонов для реализации милнероподобной системы

взаимодействия в рамках стандартных технологий индустриального либо экстремального программирования, без использования специализированных языков. Это дает возможность переводить теоретические описания в эскизы программ на стандартных языках.

Необходимо заметить, в частности, что в работе [2] высказывается и обосновывается мнение: милнеровская основа практических систем моделирования бизнес-процессов всего лишь маркетинговый ход, на самом деле они никакого отношения к данной математической теории не имеют (кроме внешнего сходства некоторых обозначений и терминологии). Автор по мере знакомства с многочисленными работками в данной области постепенно и сам приближается к подобной оценке, хотя еще не столь уверен в этом. Подобные прецеденты известны и многочисленны в других областях.

## **9.2. Частично-упорядоченное время, проблемы взаимодействия, синхронизации, эффективности и надежности**

В работе Милнера и в большинстве работ, основанных на п-исчислении, практически полностью игнорируются те основные характеристики распределенного процесса, которые выделены нами в начале и которые актуальны для административной работы в условиях России.

Надо сказать, что ясному осознанию перечисленных выше факторов сильно мешает общепризнанный в мире позитивный подход, который, декларируя прогресс на словах, на самом деле стал тормозом для него. Одно из правил творческого мышления: превратить вред в пользу. Поскольку процессы все равно нельзя распланировать заранее, нельзя ли их породить «на ходу»? В данном случае оказывается, что можно, если порождаемые процессы являются автоматными по существу. Это соответствует математической модели автоматного программирования высшего уровня.

Сразу же заметим, что в данном пункте мы вышли на постановку фундаментальной задачи, для которой вообще нет задела в мировой практике, так что в данный момент даже задумываться о возможности немедленного приложения данного подхода невозможно. К приложениям подготовлены подходы, базирующиеся на описанных выше милнероподобных системах и, возможно, UMS.

Цель данного параграфа — показать, насколько серьезны задачи, встающие при серьезном подходе к поставленной проблеме. Есть шансы, что по мере развития работ можно будет поставить цель достичь принципиально нового качества работ: динамического регламента, работающего в системе реальных исполнителей и реальных граждан. Более того, имеется ощущение (безусловно, требующее дополнительной проверки), что именно на данном пути удастся перейти от моделей, основанных на процессах, к моделям, основанным на обязательствах. Но, ввиду весьма начальной стадии исследований, изложение предельно сжатое и даже фрагментарное (поскольку формализм может быть существенно переработан в ходе дальнейших исследований).

Рассмотрим следующую модель распределенных вычислений.

Пространство моментов времени рассматривается как частично-упорядоченное множество, имеющее наименьший и наибольший элементы (начальный и конечный момент времени исполнения). *Нить* — линейно упорядоченное подмножество моментов времени, имеющее наибольший и наименьший элементы, и такое, что любой момент, сравнимый со всеми точками нити, входит в нить. *Базис нитей* —

такое множество нитей, пересекающихся друг с другом лишь, может быть, по начальным и/или конечным элементам, что все моменты времени входят хотя бы в одну нить.

Считается, что в множестве моментов (которое предполагается большим по мощности) можно выделить небольшой базис нитей. Для обычного процесса число нитей в этом базисе может быть порядка десяти. Фиксируем некоторый базис и нити из него будем называть просто нитями (другие нити нигде ниже не рассматриваются). Будем считать, что одна и только одна из нитей базиса включает начальный и конечный моменты времени. Она называется *главной нитью*.

Задано некоторое частично упорядоченное множество приоритетов. В его качестве достаточно взять множество всех конечных подпоследовательностей последовательностей рациональных чисел, упорядоченное отношением: область определенности меньшей последовательности вложена в область определенности второй и на общем отрезке все элементы первой последовательности меньше всех элементов второй последовательности.

Имеется набор объектов. У каждого объекта имеется набор методов, которые считаются элементарными действиями (не в том смысле, что они неделимы, а в том смысле, что нас не интересует их внутреннее устройство). Среди этих действий выделяются создание (нахождение), активация, деактивация, уничтожение, копирование, синхронизация копии с оригиналом, изменение приоритета. Каждое элементарное действие может быть приписано одной или нескольким нитям. С внешней стороны элементарное действие описывается как система состояний (конечный автомат). Элементарное действие может быть специфицировано как пассивное, активное, выполняющееся, приостановленное, прерванное, завершённое, синхронное, асинхронное, локальное, распределенное.

Каждой нити приписан процесс, называемый монитором нити. Монитор нити в каждый момент рассматривает набор реальных процессов и совокупность потенциальных процессов. *Потенциальный процесс* определяется рекурсивно.

1. Пустой набор с приоритетом — потенциальный процесс.
2. Если к набору добавить элементарное действие с приоритетом и спецификациями, то он останется потенциальным процессом.
3. Если к набору добавить специфицированный потенциальный процесс, то он останется потенциальным процессом.

Каждому потенциальному процессу сопоставляется его *охрана* — некоторое логическое условие. Монитор в порядке убывания приоритетов рассматривает потенциальные процессы. Если охрана истинна, то он проверяет наличие разрешений на все элементарные действия и их спецификации, непосредственно подчиненные потенциальному процессу. При этом он может обращаться за информацией к другим мониторам. Если все разрешения получены, система потенциальных процессов может быть перестроена, а все активизированные действия становятся при этом элементами набора реальных процессов. Реальные процессы, принадлежащие другим мониторам, могут выполняться лишь как распределенные и передаются соответствующему монитору. Завершённые и убитые реальные процессы удаляются из списка.

Перестройка системы потенциальных процессов производится путем замены активизированного потенциального процесса некоторой совокупностью потенциальных процессов. Если вновь созданные потенциальные процессы принадлежат другим мониторам, они отправляются соответствующим мониторам.

Потенциальные процессы, видимо, лучше всего создавать при помощи аппарата нейронных сетей, по самой своей природе также хаотического. А это заодно является первым шагом к важнейшей перспективной задаче информатики: нейронные сети высших порядков, что позволит реализовать принцип Гильберта во множестве ныне недоступных для него ситуаций.

Приведём фрагмент динамического описания того же процесса, который описан исчислением Милнера.

```
Initiate {
  \guard (jurist.respond_full) \Everything =>
    priority high:<message (Необходима полная переделка)
      <Stop>>;
  \guard (\not jurist.respond_full) \Everything =>
    \Everything priority normal
< Assign (jurist.Getparagraphs) () kadors.getchiefs>
  priority low:
    <wait(7:day>);}
Assign {
  ( Paragraph.this. Expr.4) (Expr.5) Expr.1 Person.resp Expr.2
  \guard(Includes(this,resp))
  => <Send_message
    this "Вы ответственны за переработку параграфа"
```

```

resp make_responsible(this,resp)>
priority high: <Assign ( Paragraph.this. Expr.4)
(Expr.5 resp) Expr.1 Expr.2>;
() (Expr.Responsibilities) => ;
}

```

### Список литературы

1. Арнольд В. И. Жесткие и мягкие математические модели. Лекция для аппарата Президента России.
2. Михеев А.Г., Орлов М.В. Перспективы Workflow-систем. // PC Week/RE №23/2004 от 29.06.2004, с. 26-30; №28/2004 от 10.8.2004, с. 21-25; №43/2004 от 23.11.2004, с. 36-40; №36/2005 от 4.10.2005, с. 46-50.
3. Непейвода Н. Н. Прикладная логика. 3-е изд. переработанное и дополненное. Москва, Direct Media, 2019.
4. Непейвода Н. Н. Об уровнях знаний и умений. Логические исследования, вып. 8, 1999.
5. Непейвода Н. Н., Скопин И. Н. Основания программирования. РХД, 2004.
6. Непейвода Н. Н. Стили и методы программирования. Интуит, 2005.
7. Непейвода Н. Н. Математик и прикладник: о взаимо(не)понимании. Вестник Удмуртского университета, математика. №1, 2007, стр. 251-268.
8. N. N. Nepejvoda Abstract Incompleteness Theorems and Their Influence in Methodology Studia Humana Volume 1:3/4 (2012), pp.43—58
9. Альтшуллер Г. С. Теория решения изобретательских задач. М.: Советское Радио, 1983.
10. Бек К. Экстремальное программирование. Питер, 2002.
11. Разработка методических рекомендаций по описанию и оптимизации процессов в органах исполнительной власти в рамках подготовки внедрения ЭАР. Ч. 1, 2. Отчет Высшей школы экономики, 2004 г.
12. Robin Milner. Communicating and Mobile Systems: the Pi-Calculus. — Cambridge University Press, 1999. — 174p. — ISBN 0521658691.
13. Robin Milner. The Polyadic  $\pi$ -Calculus: A Tutorial // Logic and Algebra of Specification, Springer-Verlag, 1993.
14. Davide Sangiorgi and David Walker. The pi-calculus: a Theory of Mobile Processes. — Cambridge University Press, 2001. — ISBN 0521781779.
15. e-Services development framework primer. UK online, 2002
16. Stefen A. White. Process modeling notation and workflow patterns. BP Trends, March 2004.
17. <http://www.bpml.org/bpml-spec.htm>

### References in Cyrillics

1. Arnol'd V. I. Zhestkie i myagkie matematicheskie modeli. Lekciya dlya apparata Prezidenta Rossii.
2. Mixeev A.G., Orlov M.V. Perspektivy` Workflow-sistem. // PC Week/RE №23/2004 ot 29.06.2004, s. 26-30; №28/2004 ot 10.8.2004, s. 21-25; №43/2004 ot 23.11.2004, s. 36-40; №36/2005 ot 4.10.2005, s. 46-50.
3. Nepejvoda N. N. Prikladnaya logika. 3-e izd. pererabotannoe i dopolnennoe. Moskva, Direct Media, 2019.
4. Nepejvoda N. N. Ob urovnyax znaniy i umenij. Logicheskie issledovaniya, vy`p. 8, 1999.
5. Nepejvoda N. N., Skopin I. N. Osnovaniya programmirovaniya. RXD, 2004.
6. Nepejvoda N. N. Stili i metody` programmirovaniya. Intuit, 2005.
7. Nepejvoda N. N. Matematik i prikladnik: o vzaimo(ne)ponimanii. Vestnik Udmurtskogo uni-versiteta, matematika. №1, 2007, str. 251-268.
8. N. N. Nepejvoda Abstract Incompleteness Theorems and Their Influence in Methodology Studia Humana Volume 1:3/4 (2012), pp.43—58
9. Al'tshuller G. S. Teoriya resheniya izobretatel'skix zadach. M.: Sovetskoe Radio, 1983.
10. Bek K. E`kstremal`noe programmirovanie. Piter, 2002.
11. Razrabotka metodicheskix rekomendacij po opisaniyu i optimizacii processov v organax ispolnitel'noj vlasti v ramkax podgotovki vnedreniya E`AR. Ch. 1, 2. Otchet Vy`sshej shkoly` e`konomiki, 2004 g.
12. Robin Milner. Communicating and Mobile Systems: the Pi-Calculus. — Cambridge University Press, 1999. — 174p. — ISBN 0521658691.
13. Robin Milner. The Polyadic  $\pi$ -Calculus: A Tutorial // Logic and Algebra of Specification, Springer-Verlag, 1993.
14. Davide Sangiorgi and David Walker. The pi-calculus: a Theory of Mobile Processes. — Cambridge University Press, 2001. — ISBN 0521781779.
15. e-Services development framework primer. UK online, 2002
16. Stefen A. White. Process modeling notation and workflow patterns. BP Trends, March 2004.
17. <http://www.bpml.org/bpml-spec.htm>Сведения об авторах

*Непейвода Николай Николаевич, ORCID 0000-0002-7869-8053, д.ф.-м.н., профессор,  
Институт программных систем им. А. К. Айламазяна РАН*

**Ключевые слова**

Ключевые слова: деятельность, инициатива, неформализуемость, надёжность.

**Nikolai Nepeyvoda. Introduction to chaotic control (network version)****Keywords**

Keywords: activity, initiative, informalizability, robustness.

**DOI:** 10.34706/DE-2020-02-03

**JEL Classification:** C63 – Computational Techniques, Simulation Modeling, C88 – Other Computer Software.

**Abstract**

This work presents an approach to planning and moderating activity when our agents are untrustworthy and creative in the same time. In this case we try to organize a system of partially ordered priorities and not make plans deeper than three steps forward. Thus, we can use this model for agents that could accidentally be initiative.

## 2. ПЕРЕВОДЫ

### 2.1. ЗА ПРЕДЕЛАМИ ДЕНЕГ И ИНФОРМАЦИИ: ЭКОНОМИКА ВНИМАНИЯ<sup>1</sup>

Георг Франк, Венский технологический университет

*В данной статье Георга Франка обсуждаются вопросы перехода от индустриального к информационному обществу, описываются сложности, с которыми сталкивается экономическая теория при обращении к экономике нематериального. Ключевым стремлением, характеризующим ориентацию современного общества, является не физическое благополучие, а привлечение внимания других людей. С другой стороны, внимание является дефицитным ресурсом, узким местом в обработке огромного потока информации. Экономизация этих двух форм внимания, как желанного дохода и как дефицитного ресурса – определяет скачок в экономической рационализации сфер жизни.*

#### **Введение**

В настоящее время в обществе наблюдаются две доминирующие тенденции. Это прогрессивная экономизация общественного процесса и дематериализация созданной экономической ценности. Экономические понятия и модели все более явно определяют картину социальной и политической ситуации в нашем обществе. Экономическая рационализация идет рука об руку с переходом от индустриального к информационному обществу. Производство знаний наследует ведущую роль тяжелой промышленности, потоки данных заменяют товарные потоки, новые средства массовой информации вытесняют старые рынки.

По иронии судьбы экономическая наука тяжело справляется с потерей материального содержания. В рамках экономической теории существует дисциплина, называемая информационной экономикой (Marschak, 1974; Machlup, 1984)<sup>2</sup>. Однако информационная экономика – это не переход от индустриального общества к информационному. Она касается преимуществ информированности и затрат на оплату ее получения. Иначе говоря, речь идет об информации как о дефицитном и дорогостоящем продукте. Однако для информационного общества характерно не то, что информация приобретает особую ценность. Характерно скорее то, что поток информации стал избыточным и неуправляемым. Узким местом становится способность обрабатывать раздражители или, иначе говоря, сигналы. Выбор в информационном потоке характеризуется высокими затратами.

Трудности, которые испытывает экономическая теория при обращении к экономике нематериального, объясняются двумя причинами. Во-первых, в экономической теории отсутствует понятие наиважнейшего ресурса обработки информации. Во-вторых, не определен способ измерения информации в том значении, которое играло бы заметную роль в экономике.

#### **Информационная экономика**

Информация — это не что-то фиксированное и окончательное, а то новое, что мы извлекаем из получаемого сигнала или раздражителя. Ценность этого нового может относиться к паттерну<sup>3</sup> (шаблону) сигнала или к его значению. Новизна паттерна как такового может быть измерена как (не-) вероятность его появления в случайном потоке сигналов. Новизна смысла паттернов измеряется сложнее. Ее измерение требует включения инстанции, понимающей смысл.

Новизна бессмысленных шаблонов (паттернов) называется синтаксической информацией. Новизна смысловых шаблонов называется семантической, а точнее, прагматической информацией. Только семантическая и, прежде всего, прагматическая информация имеет экономическое значение. Экономическая ценность информации зависит от удовлетворения, которое создает понимание, и от возможностей для действий, которые она открывает<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> Статья ранее опубликована в Klaus R. Kirchoff und Manfred Pwinger (Hg.) (1999), Die Praxis der Investor Relations, Neuwied: Luchterhand, S. 21-31. На русский язык переведена с согласия автора.

<sup>2</sup> Ссылки на современные исследования можно найти в обзоре работ по торговле информацией, опубликованном в журнале «Цифровая экономика», 2020, № 1(9). Однако это не влияет на ценность наблюдения Франка (примечание редактора перевода).

<sup>3</sup> Термин «шаблон» здесь имеет тот же смысл, что и в словосочетании «лексико-синтаксический шаблон», но без определения термин «шаблон» несет в себе негативную окраску. А потому лучше использовать термин «паттерн» (примечание редактора перевода).

<sup>4</sup> Здесь стоит отметить, что Франк – архитектор по основной профессии, а также философ и экономист, поэтому вопросы теории информации рассматриваются здесь вскользь. Однако можно сказать, что речь идет о противопоставлении понятия количества информации по Колмогорову понятию количества информации по Шеннону и Винеру. Подробнее об этом см. Колмогоров А. Н. Три подхода к определению понятия «количество информации»// Проблемы передачи информации. 1965 г., Т.1, №1. (примечание редактора)

Никто точно не знает, как работает понимание семантического и прагматического значений. Однако несомненно то, что каждый акт понимания задействует ресурсы, которые могли бы использоваться иначе. Деятельность понимания требует времени и энергии, которые не могут быть увеличены. Время и энергия могут использоваться только более или менее эффективно, однако они неизбежно становятся тем более дефицитными, чем больше поток информации, который нас привлекает и истощает.

Не информация, а эти ресурсы являются ключом к пониманию информационной экономики. Именно экономию этих ресурсов мы воспринимаем как рационализацию все большего числа областей жизни при одновременной дематериализации создания добавленной стоимости. Однако, как ни странно, экономическая теория не имеет для этих ресурсов единого понятия, не говоря уже о его терминологической стройности.

Тем не менее, существует богатый перечень средств и методов для повышения эффективности использования времени и энергии, затрачиваемых на обработку информации, в том числе, на обработку важной информации. Спектр варьируется от речи и письменности до изучения терминологии, от математики и обучения формальным языкам, до вооружения наших познавательных способностей информационными технологиями. Целенаправленное повышение эффективности этих методов и разработка конкретных энергосберегающих технологий в обработке информации – первые свидетельства о чем-то вроде информационной экономики. Информационное общество — это общество, в котором методы повышения эффективности интеллектуальной энергии стали более важными, чем методы повышения эффективности физической энергии. Не случайно информационное общество также рассматривается как общество, основанное на знаниях. Однако на сегодняшний день не существует экономической теории, производства знаний. Не существует ни экономической теории мысли, ни теории механизации интеллектуального труда (Mach, 1883, гл. IV.4; Husserl, 1935)<sup>5</sup>.

В экономической теории даже не существует единицы измерения для выпуска основной отрасли информационного общества – а именно научных исследований. Какова ценность научной информации? Как ее измерить? Есть ли рынок научных гипотез, теорий и фактов? Существует ли какая-то система цен на научные знания? Кто или что обеспечивает эффективное разделение труда в исследовательской работе в отношении усилий?

Все эти вопросы полностью открыты. Одно можно сказать наверняка: если результаты научных исследований оцениваются экономически, то мера стоимости должна соотноситься с готовностью платить. Аналогично тому, как мера экономической ценности товара определяется либо сложностью его производства, либо готовность платить за его использование. Поскольку ценность научного знания определено не измеряется усилиями его изобретения или открытия, вопрос о его мере может быть ограничен готовностью платить. Как выражается эта готовность? Научные гипотезы, теоремы и факты не продаются, но публикуются. С публикацией они становятся открытыми для широкой общественности. Таким образом, ценность научной информации не может быть измерена с помощью готовности к денежной оплате. Но тогда об оплате в какой валюте идет речь?

Возражение заключается в том, что вопрос был поставлен неправильно. Снова и снова можно услышать, что невозможно измерить научную информацию, гипотезы и теоремы. Эта невозможность стала бы тяжелым ударом не только по экономической теории, но и по научной теории. Без измерения результатов научного производства их невозможно соотнести с затратами и невозможно правильно поставить вопрос об эффективности исследовательской работы. Без понятия экономической рациональности научно-исследовательской работы не только экономическая теория об интеллектуальном обществе не только не развивается, но и научно-теоретическое доказательство рациональности деятельности науки остается сделанным только наполовину.

Наука – не единственный сектор информационной экономики, который предоставляет свою продукцию в открытый доступ для обществу. В самом деле, в современном массовом бизнесе с информацией принято соотносить предложение со спросом. Рынками для информационного бизнеса являются медиа. К медиа, использующим технические достижения и экономические возможности, относятся частное телевидение и Интернет. Частное телевидение делает свою продукцию свободно доступной и финансируется из других источников, отличных от продажи информации, которую оно предлагает для потребления. В Интернете практически нет денег. Тем не менее, частное телевидение превосходит другие средства массовой информации, а информация, доступная в Интернет, растет такими темпами, которые затмевают темпы роста всех традиционных рынков.

Было бы смелым утверждать, что информационный продукт средств массовой информации не измеряется. Конечно, он измеряется. И, конечно, решающим фактором здесь также является готовность платить. Только это уже не желание - во всяком случае, уже не в первую очередь – желание тратить деньги. Скорее, возникает ощущение, что деньги конкурируют с какой-то другой валютой. Есть стойкое ощущение, что деньги – это уже не все. Дематериализация экономического процесса идет дальше, чем просто замена материальных продуктов информационными продуктами. Дематериализация завладела платежной системой. Деньги больше не все, особенно как форма дохода.

---

<sup>5</sup> Точнее, эта теория не развивалась после Эрнста Маха и Эдмунда Гуссерля



### Экономика привлечения внимания

Сегодня уже недостаточно просто быть богатым. Если ты хочешь из себя что-то представлять, необходимо хоть немного выделяться. Это означает, что существует потребность в обладании другим, нематериальным доходом. Деньги сами по себе стали чем-то обычным. Инфляция материальных благ, сопровождающаяся разрывом между богатыми и бедными, делает притяжение к деньгам почти вульгарным. Там, где все больше и больше людей могут позволить себе знаки материального благосостояния, стремление к отличию должно искать признаки, которые являются более избирательными, чем высокий денежный доход. Согласно закону о социализации прежних предметов роскоши, эти атрибуты могут быть найдены среди привилегии признанных элит. Общим знаменателем сегодняшних элит является известность.

Погоня за материальным богатством по-прежнему является основным мотивом экономической деятельности. Но даже те, кто считает, что не охотится ни за чем, кроме денег, на самом деле имеют в виду другой доход. Они отнюдь не собираются тратить деньги только на физическое благополучие и физический комфорт. Им нужны деньги, чтобы произвести впечатление на окружающих. Деньги открывают возможность демонстративного потребления. Демонстративное потребление способствует формированию и поддержанию той роли, которую отдельная личность играет в сознании других. Величина этой роли является иным выражением уровня дохода от человеческого внимания. Известность — это класс высокооплачиваемых людей, получающих такого рода доход.

Как только основные потребности тела удовлетворены, роль, которую играет собственная личность в другом сознании, становится центром жизненного содержания. Причина в том, что чувство собственного достоинства становится более важным, чем физическое благополучие. Только в зеркале другого сознания мы узнаем свое "я". Только в оценке, которую мы получаем от других, мы узнаем, что мы можем думать о себе. Получение оценки всегда связано с получением внимания. Поскольку наша самооценка в высшей степени зависит от той оценки, которую мы получаем от других, это уже задача самооценки — обеспечить достаточное поступление этого нематериального дохода.

В экономической теории же отсутствует понятие такого нематериального дохода. Борьба за человеческое внимание и растущее значение, которое оно играет в уровне удовлетворенности и стремлениях людей, теперь имеют решающее значение для процесса экономической рационализации все большего числа жизненных областей. Все больше и больше людей отказываются от привычки просто ждать, когда они получат внимание со стороны тех, за кем они сами следят. Все больше и больше людей становятся инициативными, действительно предприимчивыми, чтобы максимизировать свой доход от внимания. Наука, не воспринимающая эту тенденцию всерьез, рискует пройти мимо, возможно, самого важного периода дематериализации экономического процесса.

Таким образом, интеллектуальная деятельность отличается от физической не только тем, что она стоит психической, а не физической энергии, и имеет дело с интеллектуальным, а не с материальным капиталом. Она также отличается тем, что наряду с денежным вознаграждением оплачивается вниманием. Конечно, интеллектуальная деятельность тоже изначально связана с деньгами. Однако для большинства специалистов, связанных с интеллектуальным трудом, сенсация, которая стимулирует их деятельность, является гораздо большей наградой. Для многих доход от внимания определяет причину выбора профессии. Чем выше уровень образования, тем больше ожидание этого нематериального дохода, определяющего популярность профессии. Научная карьера выбирается не в расчете на высокую оплату, деньги в ней не так важны, однако шанс получить доход вниманием в ней выше.

Не только в науке, но и в большинстве профессий, имеющих творческую составляющую, часть профессиональной чести — уделять больше внимания репутации, чем деньгам. Репутация — это консолидированный доход от экспертного внимания. Человек становится художником не для того, чтобы разбогатеть, но для того, чтобы стать знаменитым. Слава — самый высокий класс дохода с точки зрения внимания. Материальное богатство к нему никак не относится. Поэтому и в управлении, и на высших уровнях власти есть ступень иерархии, на которой приоритеты меняются. Вы не ищете присутствия среди специалистов или представителей профессии из-за гонорара — вы ищете его ради общественного влияния.

Обеспечение публичного вещания является основным бизнесом для медиа. Они предоставляют информацию, чтобы привлечь внимание аудитории. Не продажа информации за деньги позволила разрастись средствам массовой информации, а обмен технически воспроизводимой информацией на живое внимание. За переходом классических средств распространения информации в современные массовые медиа стоит развитие технологии, которая позволяет с расчетными усилиями и доходностью получить внимание со стороны массовой аудитории. Чем "современнее" медиа, тем более продвинутой является не только технология передачи и представления информации, но и технология привлечения и управления вниманием.

Присутствие в масс-медиа является столь привлекательным, потому что это означает внимание публики. В силу того, что СМИ предлагают беспрецедентные возможности для обогащения, всё, что имеет более высокие амбиции, стремится на телевидение. Поскольку стремление к получению дохода от внимания оставляет позади денежный доход, предложение информации в Интернете имеет взрывной

характер (Goldhaber, 1997). Так как бизнес по привлечению внимания теперь профессионально управляется и технически оснащен на уровне, не уступающем бизнесу по зарабатыванию денег, мы наводнены информацией.

Не только результаты интеллектуального производства, но и информация, целенаправленно публикуемая и агрессивно продвигаемая для привлечения к себе внимания, выросли в гигантских масштабах. Темпы роста обоих затмевают темпы материального производства. Но увеличение публикуемой информации, конкурирующей за внимание, сталкивается с физически ограниченным и почти постоянным количеством энергии, отвечающей за внимание. Эта энергия дефицитна в том виде, в котором она у нас есть. С другой стороны, внимание существует в форме благосклонности, которую мы получаем от других. Вовлечение внимания в этих двух формах – как дефицитного ресурса и как желанного дохода – определяет скачок в экономической рационализации сфер жизни, сравнимый по величине только с тем, который когда-то принесла индустриализация. Через внимание соединяются основные импульсы продолжающегося вовлечения общественного процесса в экономику с одной стороны, и дематериализацию экономического процесса – с другой.

### **Новая валюта**

Существует ли термин, сводящий воедино дефицитную энергию обработки информации и желанный поток вознаграждения? Существует ли мера, которая измеряет как внимание, которым люди обмениваются друг с другом, так и экономическую ценность новизны? Такой термин существует, равно как существует и такая мера. Ключевое слово уже было упомянуто. Оно означает: внимание. Внимание является самым дефицитным ресурсом в обработке информации. Именно вниманием мы обмениваемся друг с другом в качестве вознаграждения. Внимание — это валюта нематериального дохода. Привлекаемое внимание является мерой полезности информации (Экономика внимания поясняется в Franck, 1998)

Внимание нужно ко всему, что мы хотим сознательно воспринять. Но внимание также задействуется и буквально для всего мыслимого. В этой всеобщей потребности и универсальной применимости оно не только равнозначно деньгам, но и превосходит их. Подобно деньгам, внимание становится хронически дефицитным, как только предложение его использования выходит за рамки возможностей его применения. Но, в отличие от денежной массы, объем энергии внимания не может быть увеличен. Объем растет вместе с числом людей, которые сознательно "существуют". Но объем на душу населения (или на сознание) почти постоянный.

По мере того, как растут возможности по использованию внимания, возрастает его роль как средства рационализации. В таком случае внимание определяет рацион – набор возможностей восприятия, подобно деньгам, которые определяют набор материальных возможностей ведения жизни. Неконтролируемый рост интересных, раздражающих и навязчивых возможностей распределения внимания с неизбежностью делает его запас узким местом. В случае денег покупательная способность может расти вместе с предложением. В случае внимания, в какой-то момент возникает точка, в которой физическое ограничение ресурсов делает потребление более избирательным, чем в случае с использованием денег.

Для большого и быстро растущего числа людей доступное внимание четче отсекает имеющиеся возможности восприятия от области теоретически возможного, чем доступные деньги. Возможно, это станет неплохим критерием для установления эпохального порога между индустриальным и информационным веком. Конкуренция могла бы вывести этот критерий иначе – из условия, при котором доход, измеряемый во внимании, стал важнее денежного.

Однако оба эти критерия сводятся к одному и тому же. За информационным потоком стоит неконтролируемый бизнес по привлечению внимания. Чем больше людей (и компаний) целенаправленно обращают на себя внимание, чем совершеннее используемые технические возможности, и чем лучше развивается технология привлечения, тем больше сфера восприятия питается информацией. Чем выше нагрузка повседневной жизни информацией, специально созданной для того, чтобы привлечь внимание и направленной на борьбу за внимание, тем уже бутылочное горлышко естественно ограниченных возможностей сознательной обработки информации. Роли, которые внимание играет как доход и как средство рационализации, напрямую связаны.

Роль внимания в качестве дохода также связана с её функцией измерения экономической ценности информации. Информация, на которую не обращают внимания, не имеет экономической ценности. И наоборот, экономическая ценность информации, как и для других товаров, зависит от готовности платить тех, кто ее запрашивает. Однако за потоком информации не может стоять желание денежной оплаты. Появись только то, за что публика готова платить деньги, у нас не было бы проблемы с наведением информации. И если бы экономически рационально было публиковать только то, что непосредственно приносит деньги, то предложения СМИ, информация, доступная в Интернете, и поведение поставщиков научной информации были бы нерациональными.

Конечно, производство информационной продукции далеко от нерационального. Оно просто относится к сферам бизнеса, в которых речь идет в первую очередь не о деньгах, а о внимании. Основным источником финансирования для СМИ является не продажа информации, а продажа услуг по привлечению внимания к чему угодно. Продаваемая услуга по привлечению называется рекламой. Степень привлекательности медиа измеряется размером тиража или аудитории.

Тиражи и рейтинги измеряют внимание, которое медиа получает за свою информацию. От получаемого внимания зависит все остальное, в том числе и финансовый результат бизнеса. Деятельность медиа состоит в выяснении того, что аудитория хочет читать, слышать и видеть. Аудитория оплачивает предоставленную информацию вниманием. Таким образом, ценность этой информации довольно регулярно измеряется готовностью платить. Что отличает оценку стоимости информации от оценки стоимости реальных товаров – это всего лишь учет готовности тратить не деньги, а внимание.

Различные типы медиа могут быть классифицированы в зависимости от того, насколько доход от внимания превышает доход от денег. Классические медиа, книгопечатание и пресса в основном финансируются за счет продажи информации. Что касается радио и телевидения, то более старые публичные отличаются от новых частных форм тем, что старые по-прежнему финансируются за счет сборов, в то время как новые финансируются только за счет продажи услуг по привлечению внимания. Частное телевидение уже освободилось от продажи информации. Эта свобода находит свое завершение в Интернете. В Интернете помимо исключений, подтверждающих правило, расплачиваются только вниманием. Здесь важен уже не кассовый аппарат, а счетчик, который регистрирует количество посетителей сайта.

Количество обращений, рейтинги и число посетителей являются показателями дохода от внимания. В то же время они измеряют ценность запрашиваемой информации, особенно, когда она находится в свободном доступе. Информационное предложение довольно регулярно измеряется платёжеспособным спросом именно через готовность платить дефицитным вниманием. И именно такой тип измерения также дает регулярную экономическую оценку продукции научного производства.

Входными характеристиками производства знаний являются накопленные знания и живое внимание. Результат состоит из гипотез, фактов и теорем, которые предлагаются на рынке научных коммуникаций. Предложение на таком рынке встречает платёжеспособный спрос тех, кто заинтересован в исходных положениях для собственного результата. Таким образом, спрос изначально выражает готовность платить в такой форме, чтобы принять предложение. Как только поиск готовых исходных положений приносит плоды, вступает в силу вторая стадия готовности к оплате. Публикация создает не только предложение на рынке научных коммуникаций, но и интеллектуальную собственность<sup>6</sup> на накопленные знания. Об этой собственности не может быть и речи, если кто-то использует ее для целей собственной продуктивности без декларирования и оплаты лицензионного сбора.

Тип декларации, без которой нельзя использовать чужую интеллектуальную собственность — это цитата. Взимаемая плата является молчаливым переводом на счёт цитируемого части внимания, которое за свою работу получает цитирующий. Регулярной мерой научной информации является частота, с которой она цитируется. Счет цитат автора измеряет его научную продуктивность. Продуктивность выражается тем, как результат выступает в качестве отправной точки другой работы. Измерение результата по производительности процесса, в котором он подаётся на вход последующих этапов, является обычным способом измерения стоимости средств производства.

В указанном выше смысле знание является основным средством. Оно неоднородно по этому свойству и несопоставимо по отдельным компонентам. Однако теперь знание может быть единообразно оценено тем, что оно «продается», а именно преобразуется в нематериальную форму ссудного капитала. Продажа состоит в том, что ее использование лицензировано и осуществлено за плату цитированием. Основной капитал конвертируется в нематериальный ссудный капитал, если совокупность цитат приводит к научной репутации. Репутация — это авторитет, который в свою очередь привлекает внимание.

Фактически, рынок научных коммуникаций представляет собой рынок капитала не только с точки зрения того, что производимые средства производства торгуются, но также с точки зрения того, что основной капитал преобразуется в ссудный капитал. Цитаты собираются и систематически учитываются. Существует так называемый индекс цитирования (SCI, Science Citation Index), который заключается в сборе научных цитат и ведении индивидуальных учётных записей цитируемых ученых. Эти записи однородны и напрямую сопоставимы между собой. Они измеряют производительность труда отдельного ученого по готовности платить коллег, интересующихся его результатами. Другими словами, производительность измеряется с помощью дохода. Однако, и это крайне важно для аналогии преобразования основного капитала в ссудный капитал, запись в SCI — это больше, чем просто обнаружение соответствующего внимания. Она сама принимает форму капитала: чем больше счет этой записи, тем выше внимание, которое привлекает респектабельность этой записи. Внимание привлекает внимание. Внимание к ученому, обусловленное тем, что многие другие обращают на него внимание, является обычной формой интереса.

Было бы преждевременно говорить о том, имеет ли этот тип не денежного дохода смысл с точки зрения оптимизации коллективного продвижения знаний (Franck, 1998, гл. VI). Однако следует отметить,

---

<sup>6</sup> Здесь Франк очень вольно использует термин «интеллектуальная собственность». Речь идет не об интеллектуальной собственности в точном юридическом смысле слова, а о корректном цитировании. Попытка ввести понятие научной интеллектуальной собственности, то есть создание полноценного института, предпринималась в 30-е годы 20-го века под патронажем Лиги наций, но потерпела неудачу. По мере углубления в проблему инициаторы этой затеи осознали, что могут погрузить научное сообщество в пучину бесконечных тяжб и споров во вред настоящей науке. Попытки возвращение к этой идее периодически возникают, но быстро гаснут (примечание редактора).

что производство знаний, основанное на разделении труда, представляет собой замкнутую экономику внимания с развитым рынком капитала и финансовой системой. В этой экономике существует не только эффективное измерение и оценка научной информации, но и осуществляется распределение внимания исследователей в зависимости от готовности платить вниманием за результат. От того, насколько точно такая экономика описана, зависит возможность ответа на вопросы относительно ее эффективной работы.

### **Заключение**

Медиа и наука — это отрасли, которые только в конечном итоге зависят от потока денег. Они работают с вниманием как с основным средством производства и успешны в зависимости от того, сколько внимания они получают. Они являются авангардом экономики, в которой обращение к вниманию, как правило, становится более важным, чем деньги. Медиа и наука в настоящее время являются ведущими индустриями в обществе, которое называется информационным обществом. Именно они вытеснили материальное производство с господствующего положения. Без адекватной экономической теории медиа и науки, теоретическое понимание изменения, которое мы переживаем в виде дематериализации экономического процесса остается плоским. Игнорируя внимание как дефицитный ресурс и как форму дохода теоретическая экономика рискует упустить самый важный поворотный период.

### **Послесловие**

Основная ориентация общества теперь, — это не только зарабатывание денег, а привлечение внимания других людей. Такое общество перестало заботиться только о физических удовольствиях и больше не может быть описано как материалистическое. Если подавляющее большинство его членов еще думает, что живет в смысле материалистической ориентации, то через свою платежеспособность оно может обнаружить, что уже переориентировалось. Больше не физический комфорт находится в центре содержания жизни, а желание быть уважаемым, признанным, оцененным и почитаемым. Желание человека быть в центре внимания заняло место физического благополучия. Там, где это желание одерживает верх над экономическими стимулами, экономический материализм заканчивается.

Возможно, конец материализма представлялся иначе. Его можно было бы ассоциировать с новой скромностью, а не новой заметностью. Можно было бы представить увеличение накоплений, а не развязывание шоу. Изменения появляются из-за поворотов, о которых ранее никто не подозревал. Перемены кажутся правдоподобными только задним числом. Так и здесь. Разве не было бы странно полагать, что неограниченное потребление приведет к массовому аскетизму? Если можно было ожидать переориентации, то в рамках гедонизма. Материалистическая ориентация может быть преодолена только с помощью более сильных, а не более слабых стимулов. Искусшения завоевывать сердце и чувства сильнее, чем стимулы благополучия. Согревающая привязанность других людей более приятна, чем физический комфорт, сострадательная эмпатия полезней, чем практическое удобство.

Оглядываясь назад, не кажется необоснованным вывод о том, что с инфляцией денежного богатства приближался конец экономического материализма. Кроме того, не следовало ожидать, что этот конец повлечет за собой возвращение к былому спокойствию. Оглядываясь назад, кажется вполне естественным, что бизнес в сфере привлечения стал жестким и стремительным. В этом бизнесе всегда было что-то от незаконного оборота наркотиков. Чем важнее доход, на который обращают внимание, тем сложнее справляться с убытками и даже изъятием. В конце концов, получаемое внимание упаковано с оценкой, которой мы наслаждаемся. Уровень признания, приносящий удовольствие, сильно зависит от того, что мы ценим сами. Чем важнее доход, тем выше чувство собственного достоинства. Описание этой зависимости есть у ученых-диагностов. Кристофер Лэш ввел термин «культура нарциссизма» (Lash, 1979) - социальную форму самооценки, которая, как правило, считается более значимой и, следовательно, более уязвимой. Тем не менее, название несколько вводит в заблуждение. Ассоциация с нарциссическим расстройством слишком сильно выводит на первый план индивидуально-психологический уровень. Психоаналитическое представление о себялюбии искажает взгляд на самооценку, которая стремится быть согласованной и подкрепленной обменом внимания. Обозначение нашей культуры как нарциссической упускает эпохальный *социальный* характер тщеславия.

### **Литература**

1. Franck, Georg (1998), *Ökonomie der Aufmerksamkeit*, München: Hanser
2. Goldhaber, Michael H. (1997), *Attention Shoppers! - The currency of the New Economy won't be money, but attention. A radical theory of value*, in: *Wired Magazin*, 5.12 (Dezember 1997)
3. Husserl, Edmund (1935), *Die Krisis der europäischen Wissenschaften und die transzendente Phänomenologie: eine Einleitung in die phänomenologische Philosophie*, Neudruck Den Hag 1962, Martinus Nijhoff
4. Lasch, Christopher (1979), *The Culture of Narcissism*, London: Abacus
5. Mach, Ernst (1883), *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*, Leipzig: Brockhaus
6. Machlup, Fritz (1984), *The Economics of Information and Human Capital*, Princeton, NJ: Princeton UP
7. Marschak, Jacob (1974), *Economic Information, Decision, and Prediction*, vol. II: *Economics of Information and Organization*, Dordrecht: D. Reidel

Georg Franck, Dept. of Digital Methods in Architecture and Planning Institute of Architectural Sciences,  
Vienna University of Technology georg.franck@tuwien.ac.at

**Ключевые слова:** внимание, экономика внимания, информационная экономика, медиа, научная информация

**Georg Franck, Beyond money and information: On the economy of attention**

**Keywords:** attention, attention economy, information economy, media, scientific information

**DOI:** 10.34706/DE-2020-02-04

**JEL classification** O 30 – Technological Change: General

**Abstract**

This article by Georg Franck discusses the transition from an industrial to an information society, describes the difficulties that an economic theory encounters when addressing an intangible economy. The key tendency that characterizes the orientation of modern society is not physical well-being, but the attraction of people's attention. On the other hand, attention is a scarce resource, a bottleneck in processing a huge flow of information. The economization of these two forms of attention, as a desired income and as a scarce resource, determines a leap in the economic rationalization of the spheres of life.

## 2.2. КВАНТОВАЯ МОДЕЛЬ БЛУЖДЕНИЯ ФИНАНСОВЫХ ОПЦИОНОВ

Дэвид Оррелл

*Финансовые рынки часто моделируются с помощью случайного блуждания, например, в биномиальной модели ценообразования для опционов, которая является дискретной версией формулы Блэка-Шоулза. В данной статье представлен альтернативный подход к ценообразованию для опционов, основанный на квантовой модели блуждания. Квантовое блуждание, которое включает в себя состояния суперпозиции и допускает такие эффекты, как интерференция, первоначально было разработано в физике, но также получило применение в таких областях, как когнитивная психология, где оно используется для моделирования динамических процессов принятия решений. Здесь показано, что квантовая модель блуждания захватывает ключевые аспекты поведения инвесторов, в то время как коллапсирующее состояние захватывает наблюдаемое поведение рынков. Полученная модель цены опциона довольно близко согласуется с классической моделью случайного блуждания, но помогает объяснить некоторые наблюдаемые аномалии. Этот метод также имеет то преимущество, что он может быть запущен непосредственно на квантовом компьютере.*

### 1. Квантовые и классические блуждания

Один из ключевых инструментов количественных финансов – модель случайного блуждания цен активов. Термин «случайное блуждание» приписывают Пирсону (Pearson, 1905), проиллюстрировавшему его на примере пьяного человека, случайно идущего по открытому полю; однако на самом деле этот метод был впервые применен в финансах Башелье (Bachelier, 1900), в чьей докторской диссертации *Théorie de la Spéculation* изучалась покупка и продажа ценных бумаг на Парижской бирже. Башелье предпологал, что колебания цен случайны, а математическое ожидание прибыли равно нулю. Таким образом, история цен на акции напоминала так называемое броуновское движение пылевой частицы, когда она сотрясается при столкновении с отдельными атомами (в 1905 году Альберт Эйнштейн использовал аналогичные методы для моделирования этого эффекта и оценки размера атома). Башелье использовал эту модель для получения метода ценообразования для опционов, предоставляющих покупателю право купить или продать актив в будущем по фиксированной цене.

В свое время диссертации Башелье уделялось мало внимания, однако начали накапливаться эмпирические доказательства того, что фондовые рынки изначально непредсказуемы (Cowles, 1933) и демонстрируют броуновское статистическое поведение (Kendall, 1953; Osborne, 1958). Интерес к его работе еще больше возрос после того, как экономист Пол Самуэльсон наткнулся на копию дипломной работы бакалавра и договорился о переводе (Cootner, 1964). Модель случайного блуждания была ключевым источником вдохновения для гипотезы эффективного рынка Юджина Фамы, которую он представил в следующем году в своей докторской диссертации (Fama, 1965). Этот метод также обещал помочь найти то, что Самуэльсон назвал «Святым Граалем» ..., идеальной формулой для оценки и назначения цен опционов» (Clark, 1999).

Такая формула была позже разработана коллегами Фамы из Чикагского университета Фишером Блэком и Майроном Скоулзом, сотрудничавшим с Робертом Мертоном из Массачусетского технологического института (Black & Scholes, 1973). Основная идея модели Блэка-Шоулза состояла в том, что при наличии таких допущений, как рыночная эффективность, можно построить портфель с нулевым риском, постоянно торгуя акциями и опционами таким образом, чтобы они уравновешивали друг друга (так называемое динамическое хеджирование). В итоге цена опциона может быть выведена путем приравнивания хеджированной доходности к тому, что может быть заработано на безрисковом счете. Эта модель произвела революцию в мире финансов, но с тех пор ее недостатки становятся все более очевидными (Wilmott & Orrell, 2017), начиная с краха в 1998 году инвестиционной фирмы Long-Term Capital Management, партнерами которой были как Шоулз, так и Мертон.

В данной статье разрабатывается новая и альтернативная модель финансовых опционов, основанная на квантовой версии случайного блуждания. В последние годы квантовая методология была применена в ряде социальных наук, включая экономику, финансы и основы человеческого познания (Haven & Khrennikov, 2013; Wendt, 2015; Park, 2016; Höne, 2017). Квантовые модели успешно делают точные и непараметрические предсказания когнитивных явлений, таких как эффект порядка, когда порядок, в котором задаются вопросы, влияет на ответ (Wang et al., 2014), или изменение предпочтений, когда люди меняют свое мнение в зависимости от контекста (Yukalov & Sornette, 2015); и в целом предлагают экономный способ учета таких эффектов, как контекст, интерференция и запутанность, которые характеризуют многие из " когнитивных аномалий", изучаемых в когнитивной психологии и поведенческой экономике (Yukalov & Sornette, 2018; Busemeyer, Wang & Shiffrin, 2015).

Когнитивные процессы, конечно, очень важны в ценообразовании для опционов, поскольку они включают в себя взаимодействие между ожиданиями инвесторов относительно будущих цен активов и фактическими ценами активов, измеряемыми рыночными сделками. Например, если кто-то покупает опцион call (право купить акцию в будущем по определенной цене, известной как цена исполнения), это



обычно происходит потому, что у него «бычий» взгляд на будущую цену, мнение, подлежащее измерению только на дату исполнения. Он кажется несовместимым с моделью случайного блуждания, в которой предполагается, как и у Башелье, что ожидание прибыли равно нулю; или с идеей Фамы о рациональности и дальновидности участников рынка. Как мы увидим, квантовая модель позволяет приспособиться к этому разрыву.

Работа организована следующим образом. В разделе 2 дан обзор квантовой версии случайного блуждания, известной как квантовое блуждание. В разделе 3 развита математика в терминах оператора подбрасывания монеты и оператора перевода, которые вместе описывают систему. В разделе 4 утверждается, что модель квантового блуждания отражает ключевые аспекты поведения инвесторов, этот метод применяется к проблеме ценообразования для опционов. В разделе 5 показано, как полученная квантовая опционная модель проливает свет на эмпирические явления, не охваченные классической моделью. В разделе 6 кратко излагаются основные моменты и обсуждаются некоторые возможные возражения против квантового подхода.

## 2. Случайное блуждание

Хотя использование модели случайного блуждания в финансах было отчасти вдохновлено ее успехами в физике и хотя ее «убедительная мотивация случайности уникальна среди социальных наук и напоминает о роли, которую неопределенность играет в квантовой механике» (Lo, 2008), любопытно, что единственный аспект квантовой физики, широко принятый в финансах, – это концепция случайности. На самом деле это даже имело место в специализированной области квантовых финансов, где квантовые методы используются для моделирования финансовых рынков. Например, уравнение Блэка-Шоулза можно выразить как вариант волнового уравнения Шредингера из квантовой механики (Baaquie, 2007), а Чен (Chen, 2002) использовал квантовую модель со свойствами, подобными квантовому блужданию, чтобы переосмыслить классический биномиальный метод ценообразования для опционов. Однако другие аспекты квантового поведения, такие как запутанность и интерференция, привлекли относительно мало внимания.

Этого не было в области квантового познания, которое использует квантовые методы для моделирования таких вещей, как принятие решений человеком. В отличие от классических моделей, где предполагается, что решения основаны на фиксированных предпочтениях, в квантовых моделях убеждения и предпочтения рассматриваются как волнообразные сущности, существующие в состоянии суперпозиции и «коллапсирующие» в определенное состояние только при опросе, действующем как процесс измерения, подобный процессу измерения в квантовой физике (Bussemeyer & Bruza, 2012). Одно из следствий – то, что психические состояния проявляют такие свойства, как интерференция (например, когнитивный диссонанс) и запутанность.

В работе (Orrell, 2020) утверждалось, что склонность покупателей и продавцов к участию в экономических транзакциях может быть смоделирована с помощью квантованных версий энтропийных сил. В случае ценовых переговоров эти силы представляют собой тенденцию к восстановлению цены до точки, максимизирующей вероятность совершения сделки. Аналогичным образом классическое случайное блуждание можно записать как энтропийную силу (Roos, 2014); однако в этом случае процесс можно квантовать непосредственно, используя квантовое блуждание.

В физике идея квантового блуждания восходит, по крайней мере, к Фейнману (Wang & Manouchehri, 2013), но впервые была развита в (Aharonov, Davidovich & Zagury, 1993). Разница между ней и ее классическим аналогом состоит в том, что вместо движения в пространстве положений со случайными шагами, которые определяются классической вероятностью, она включает в себя суперпозицию состояний, развивающихся во времени в соответствии с детерминированными квантовыми правилами. Поэтому система исследует множество возможных путей с амплитудами вероятности, включающими в себя эффекты интерференции.

В то время как классическое случайное блуждание предполагает случайность на каждом шаге, его квантовая версия детерминирована вплоть до заключительной стадии, когда результат свернут до определенного исхода. (По этой причине его обычно называют квантовым блужданием, а не квантовым случайным блужданием.) Эти две системы также ведут себя совершенно по-разному. В частности, дисперсия квантового блуждания растет квадратично со временем, а не линейно, как в классическом случае.

В физике и вычислительной технике интерес к квантовым блужданиям значительно возрос за последнее десятилетие, отчасти благодаря осознанию того, что они обеспечивают основу для квантовых вычислений (Чайлдс, 2009). Был разработан ряд алгоритмов квантовых вычислений для таких задач, как поиск баз данных (Childs & Goldstone, 2004), сетевая навигация (Sánchez-Burillo et al., 2012), шифрование изображений (Yang et al., 2015) и так далее. Было также обнаружено, что квантовые блуждания играют определенную роль в транспорте фотосинтетической энергии (Mohseni et al., 2008). Наряду с этими теоретическими моделями все больше внимания уделяется реализации квантовых блужданий в инженерных физических системах (Sephton et al., 2019).

Квантовое блуждание также нашло более релевантное экономическое применение в описании ряда когнитивных феноменов, таких как обнаружение сигналов (Bussemeyer & Bruza, 2012), присвоение людьми оценок стимулам (Wang & Bussemeyer, 2016) и общее принятие решений (Kvam et al., 2015; Martínez-Martínez & Sánchez-Burillo, 2016). Будь то в медицине, юриспруденции, военной стратегии, бизнесе или любой другой области, принятие решений – это динамичный процесс, в котором состояния веры взаимодействуют

с накоплением доказательств. В такой классической модели, как последовательный анализ, состояние принятия решения обновляется каждый раз, когда поступает новая информация (Gold & Shadlen, 2007). Шумовая природа доказательств создает случайную траекторию блуждания, подобную тому или иному варианту. В квантовой модели в любой момент времени, предшествующий окончательному решению, лицо, принимающее решение, находится в суперпозиции состояний, причем амплитуды вероятности каждого выбора развиваются согласованно. Таким образом, такие эффекты, как интерференция, играют определенную роль вплоть до момента принятия окончательного решения. С точки зрения нейронных процессов, квантовая модель блуждания соответствует массово параллельной когнитивной архитектуре, включающей в себя как кооперативные (возбуждающие), так и конкурентные (тормозящие) взаимодействия (Fuss & Navarro, 2013).

Например, Квам и др. (2015) продемонстрировали свою квантовую модель блуждания, используя психологический эксперимент, включавший выполнение конкретной задачи (оценивание движения точек на экране), а также просьбу оценить уверенность в своих решениях. Они обнаружили, что принятие решений вмешивается в суждения о доверии таким образом, чтобы сделать эти суждения более точными и менее экстремальными. В случае с финансовыми опционами ситуация несколько иная, поскольку людей просят сделать прогнозы относительно того, будет ли цена базового актива расти или снижаться в будущем. Поэтому представляется разумным, что убеждения инвесторов о будущем могут быть более экстремальными, чем реальность, поскольку такие убеждения по определению не подлежат фактическим измерениям, по крайней мере до тех пор, пока не наступит будущее. Действительно, если бы это было не так, и инвесторы думали, что цены на активы останутся стабильными, то не было бы никакого стимула покупать опционы. В следующем разделе представлена математическая основа квантового блуждания, предшествующая его применению к проблеме ценообразования для опционов.

### 3. Квантовая монета

Рассмотрим сначала классическое случайное блуждание по одномерной сетке, когда на каждом временном шаге ходок бросает сбалансированную монету и делает шаг влево (-1), если выпадает орел (H), и шаг вправо (+1), если выпадает решка (T). Существует  $2^n$  различных путей из  $n$  шагов, а конечная позиция ходока будет находиться в диапазоне от  $-n$  до  $n$ . Мы хотим определить вероятность  $P_i(n+1)$ , с которой ходок окажется после следующего шага в позиции  $i$ . Поскольку пути к этой точке возможны из позиции  $i-1$  или  $i+1$  на предыдущем шаге, мы можем записать:

$$P_i(n+1) = \frac{1}{2}[P_{i+1}(n) + P_{i-1}(n)].$$

В результате выполнения этого ряда шагов распределение вероятностей, показанное в Таблице 1 ниже, представляет собой треугольник Паскаля.

Вычитание  $P_i(n)$  из левой и правой частей этого уравнения дает

$$P_i(n+1) - P_i(n) = \frac{1}{2}[P_{i+1}(n) - 2P_i(n) + P_{i-1}(n)].$$

Если мы определим дискретные производные

$$\begin{aligned} \frac{\partial f_i}{\partial t} &\equiv \frac{1}{2}[f_i(t+1) - f_i(t-1)] \\ \frac{\partial f_i}{\partial x} &\equiv \frac{1}{2}[f_{i+1}(t) - f_{i-1}(t)] \\ \frac{\partial^2 f_i}{\partial x^2} &\equiv f_{i+1}(t) - 2f_i(t) + f_{i-1}(t), \end{aligned}$$

тогда мы сможем записать

$$\frac{\partial P_i}{\partial t} = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 P_i}{\partial x^2}.$$

В этом уравнении неявно предполагается, что размер шага во времени или пространстве равен 1. В более общем случае, если предположить, что временной шаг равен  $\tau$ , а размер каждого шага равен  $a$ , то масштабирование результата дает уравнение диффузии  $\frac{\partial P_i}{\partial t} = D \frac{\partial^2 P_i}{\partial x^2}$  с постоянной диффузии  $D = \frac{a^2}{2\tau}$ .

Модель случайного блуждания в терминах когнитивной модели соответствует случаю, когда лицо, принимающее решение, выбирает случайное решение – например, двигаться влево или вправо – на каждом временном шаге. В квантовом познании мы моделируем психическое состояние лица, принимающего решение, используя квантовую волновую функцию, которая учитывает объективные и субъективные факторы и только при измерении коллапсирует до окончательного решения. Поэтому уместно спросить, каким образом начальная суперпозиция квантовых состояний может эволюционировать или диффундировать, проецируясь в будущее по квантовым правилам. Например, предположим, что вы думаете, что акции могут подняться в цене в следующем месяце. Если они действительно растут в первом месяце, то в следующем месяце 2 они также могут пойти вверх или вниз. Аналогично, за движением вниз в месяце 1 может последовать движение вверх или вниз в месяце 2; и так далее. Таким образом, диапазон возможностей расширяется во времени, как и в случае классического случайного блуждания. Но, как видно из квантового познания, тот факт, что противоречивые потенциальные состояния удерживаются в суперпозиции, приводит к интерференционным эффектам, изменяющим распределение вероятностей на каждом временном шаге.

Квантовая версия случайного блуждания состоит из двух частей: квантовой монеты и оператора трансляции (Кемпе, 2003). Первая играет роль подбрасывания монеты в классическом случайном блуждании, в то время как вторая определяет последствия броска, например, прибавляя положение влево или вправо. Разница, как мы увидим, заключается в том, что состояние системы не теряет информацию на каждом шаге, а переносит ее на следующий шаг в виде эволюционирующей волновой функции.

Гильбертово пространство  $\mathcal{H}_C$  для квантового подбрасывания монеты охватывается двумя базисными векторами, которые мы идентифицируем как  $|\uparrow\rangle = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$  и  $|\downarrow\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ . Подбрасывание монеты представлено Эрмитовым оператором  $R$  размерности  $2 \times 2$ . Здесь мы будем использовать широко применяемую в квантовых вычислениях так называемую монету Адамара  $R = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$ . Можно показать, что все несмещенные операторы подбрасывания монет (по существу) эквивалентны монете Адамара (Kendon & Tregenna, 2003), некоторое пояснение см. в Приложении. Если мы используем начальное состояние  $|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|\uparrow\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|\downarrow\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$ , которое согласно правилу Борна имеет вероятность  $1/2$  быть наблюдаемым в состоянии вверх  $|\uparrow\rangle$  и вероятность  $1/2$  быть наблюдаемым в состоянии вниз  $|\downarrow\rangle$ , то мы имеем, например

$$R|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix},$$

что не является справедливым броском, потому что результат может наблюдаться только в направлении вверх.

Пусть теперь гильбертово пространство  $\mathcal{H}$  определено как тензорное произведение  $\mathcal{H} = \mathcal{H}_C \otimes \mathcal{H}_P$  где  $\mathcal{H}_C$  – пространство монеты, натянутое на  $\{|\uparrow\rangle, |\downarrow\rangle\}$ , а пространство положения  $\mathcal{H}_P$  перекинута на дискретный набор базисных состояний положения  $\{|i\rangle; i \in \mathbb{Z}\}$ . Мы определяем оператора перевода

$$T = |\uparrow\rangle\langle\uparrow| \otimes \sum_i |i+1\rangle\langle i| + |\downarrow\rangle\langle\downarrow| \otimes \sum_i |i-1\rangle\langle i|,$$

который обладает эффектом сдвига положения  $i$  вверх (т. е. вправо) или вниз (влево) в зависимости от того, находится ли монета в состоянии вверх или вниз. Квантовое случайное блуждание  $N$  шагов определяется как преобразование  $U^N$ , где  $U$  задается как  $U = T \cdot (R \otimes I)$ . Другими словами, мы применяем оператор подбрасывания монеты  $R$  к текущему состоянию; применяем оператор преобразования для сдвига состояния позиции; и повторяем процесс  $N$  раз, причем измерение происходит только в конечном состоянии.

Мы можем записать волновую функцию на шаге  $n$  в виде

$$|\psi(n)\rangle = \sum_{i=-\infty}^{\infty} (a_i(n)|\uparrow\rangle + b_i(n)|\downarrow\rangle) \otimes |i\rangle,$$

где  $a_i(n)$  и  $b_i(n)$  – коэффициенты для восходящей и нисходящей компонент. Если мы применяем оператор  $U$  с  $R$ , как определено выше, то коэффициенты становятся

$$a_i(n+1) = \frac{1}{\sqrt{2}}a_{i-1}(n) + \frac{1}{\sqrt{2}}b_{i-1}(n)$$

$$b_i(n+1) = \frac{1}{\sqrt{2}}a_{i+1}(n) - \frac{1}{\sqrt{2}}b_{i+1}(n).$$

Распределение вероятности нахождения волновой функции либо вверх, либо вниз в позиции  $i$  можно найти, применив правило Борна, так что

$$P_i(n+1) = \frac{1}{2} \|a_{i-1}(n) + b_{i-1}(n)\|^2 + \frac{1}{2} \|a_{i+1}(n) - b_{i+1}(n)\|^2.$$

В качестве примера рассмотрим начальное состояние  $\Phi_0 = |\uparrow\rangle \otimes |0\rangle$ . Применение подбрасывания монеты к состоянию монеты  $|\uparrow\rangle$  дает  $R|\uparrow\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|\uparrow\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|\downarrow\rangle$ , таким образом, монета находится в состоянии суперпозиции. Далее мы применяем оператор преобразования, чтобы получить

$$U|\Phi_0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}|\uparrow\rangle \otimes |1\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|\downarrow\rangle \otimes |-1\rangle$$

так,  $P_{-1}(1) = \frac{1}{2}$  и  $P_1(1) = \frac{1}{2}$ . На следующем этапе,

$$\begin{aligned} U^2|\Phi_0\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}}U(|\uparrow\rangle \otimes |1\rangle) + \frac{1}{\sqrt{2}}U(|\downarrow\rangle \otimes |-1\rangle) \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \frac{1}{\sqrt{2}}|\uparrow\rangle \otimes |2\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|\downarrow\rangle \otimes |0\rangle \right) + \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \frac{1}{\sqrt{2}}|\uparrow\rangle \otimes |0\rangle - \frac{1}{\sqrt{2}}|\downarrow\rangle \otimes |-2\rangle \right) \\ &= \frac{1}{2} (|\uparrow\rangle \otimes |2\rangle + |\downarrow\rangle \otimes |0\rangle + |\uparrow\rangle \otimes |0\rangle - |\downarrow\rangle \otimes |-2\rangle) \end{aligned}$$

так  $P_{-2}(1) = \frac{1}{4}$ ,  $P_0(1) = \frac{1}{2}$  и  $P_2(1) = \frac{1}{4}$ . Продолжение дает

$$U^3|\Phi_0\rangle = \frac{1}{2\sqrt{2}}(|\uparrow\rangle\otimes|3\rangle + 2|\uparrow\rangle\otimes|1\rangle + |\downarrow\rangle\otimes|1\rangle - |\uparrow\rangle\otimes|-1\rangle + |\downarrow\rangle\otimes|-3\rangle)$$

и так далее. Полученное распределение вероятностей для первых нескольких шагов показано в таблице 2 ниже, где столбцы представляют позицию  $i$ , строки представляют итерацию  $n$ , а числа нормированы на  $2^n$ . Заметим, что в отличие от треугольника Паскаля (Таблица 1), распределение асимметрично с третьей итерации.

Таблица 1. Вероятность положения как функция положения  $i$  для классического случайного блуждания без помех. Вероятности на каждом шаге  $n$  нормируются по  $2^n$ . Результаты в этом случае те же, что и в треугольнике Паскаля.

$n \setminus i$	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5
0						1					
1					1		1				
2				1		2		1			
3			1		3		3		1		
4		1		4		6		4		1	
5	1		5		1		1		5		1

Таблица 2. Вероятность положения как функция положения  $i$  для квантового блуждания с интерференцией. Вероятности на каждом шаге  $n$  нормируются по  $2^n$ .

$n \setminus i$	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5
0						1					
1					1		1				
2				1		2		1			
3			1		1		5		1		
4		1		2		2		1		1	
5	1		5		4		4		1		1

На рис. 1 показан график распределения вероятностей после 100 итераций. Поэтому интерференция оказывает огромное влияние на распределение, изменяя его от классического биномиального распределения до чего-то искаженного и нерегулярного. Дисперсия увеличивается квадратичным образом (Chandrashekar, Srikanth & Laflamme, 2008), и для больших  $n$  задается  $\sigma^2 \cong \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)n^2$ .

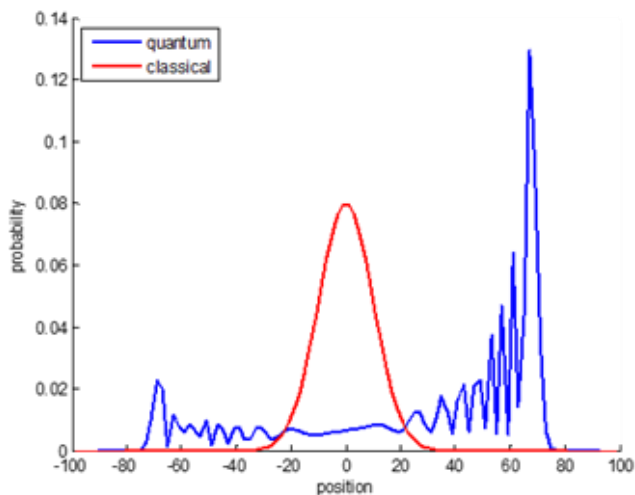


Рисунок 1. Синяя линия показывает распределение вероятностей для квантового случайного блуждания с использованием монеты Адамара и начального состояния  $\psi = |\uparrow\rangle$ . Красная линия показывает классическое биномиальное распределение.

Асимметрию можно устранить, выбрав сбалансированное начальное состояние. Для монеты Адамара установка начального состояния

$$\psi = \frac{1}{\sqrt{2}}|\uparrow\rangle + \frac{i}{\sqrt{2}}|\downarrow\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix} 1 \\ i \end{pmatrix}$$

дает симметричное распределение, показанное на Рис. 2.

Рисунок 2. Синяя линия показывает вероятностей для квантового случайного блуждания в 100 шагов с использованием монеты Адамара и начального состояния

$$\psi = \frac{1}{\sqrt{2}}|\uparrow\rangle + \frac{i}{\sqrt{2}}|\downarrow\rangle.$$

Красная линия показывает классический случай.

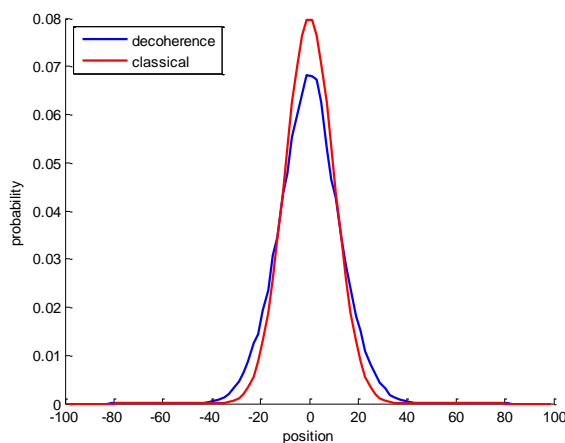
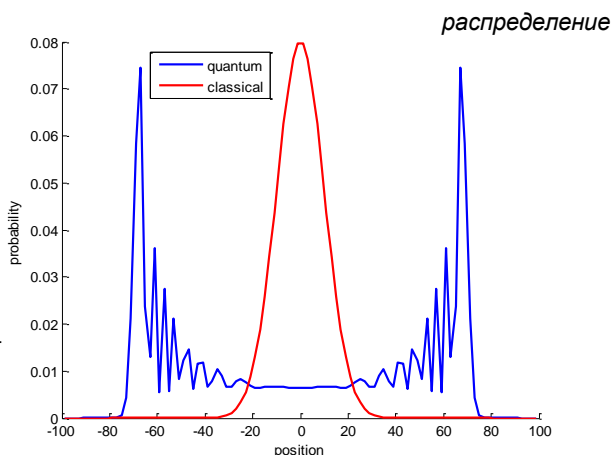
Распределение вероятностей также может быть выражено в терминах дискретных производных, как это было сделано выше для классического случайного блуждания, которое приводит (Romanelli et al., 2004) к уравнению в частных производных

$$\frac{\partial P_i}{\partial t} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial^2 P_i}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 P_i}{\partial t^2} \right) + \frac{\partial \beta_i}{\partial x}.$$

Здесь  $\beta_i$  – интерференционный член, определяемый как действительная часть  $\psi_i(1)\psi_i^*(2)$ , где  $\psi_i$  – значение двухкомпонентной волновой функции в положении  $i$ . Выражение в скобках соответствует телеграфному уравнению, которое используется для описания распространения волн в диссипативных средах.

Член  $\frac{\partial^2 P_i}{\partial x^2}$  соответствует, как было показано выше, диффузии классического случайного блуждания, а член  $\frac{\partial^2 P_i}{\partial t^2}$  соответствует распространению волны. Последнее может быть индуцировано в классическом случайном блуждании путем включения последовательной автокорреляции (Wilmott, 2013), однако даже при автокорреляции результирующая дисперсия все еще линейно масштабируется по времени. Поэтому уникальный вклад квантового блуждания, создающий квадратичный рост дисперсии, вносит член  $\beta_i$ .

Стоит отметить, что интерференция возникает потому, что пространственное измерение рассматривается как дискретное, а оператор преобразования  $T$  создает сдвиг +1 (вправо) или -1 (влево). Если бы сдвиг слегка менялся на каждом шаге, то состояния положения больше не были бы идеально выровнены, что устранило бы эффект интерференции. Между случаями с совершенной интерференцией и отсутствием интерференции существует также промежуточный случай, когда существует определенная степень интерференции, обусловленная, например, эффектом декогеренции. В этом случае дисперсия может быть показана как асимптотически линейная, как и в классическом случае (Brun, Carteret & Ambainis, 2003). Декогерентность может быть добавлена несколькими способами. Возможно, самым простым будет слегка возмущать оператор подбрасывания монеты на каждом шаге (см. Приложение). На рис. 3 показан ансамбль в среднем из 400 симуляций, где оператор подбрасывания монеты был несовершенным Адамаром



$$R_j = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & e^{i\zeta} \\ e^{-i\zeta} & -1 \end{pmatrix},$$

где параметр  $\zeta$  был случайным образом вычерчен на каждом шаге  $j$  из нормального распределения со средним значением 0 и стандартным отклонением 0,5 (Mackay et al., 2002). Если система измеряется на каждом временном шаге, то декогеренция завершена и квантовая модель коллапсирует в классический случай.

Рисунок 3. Красная линия показывает среднее значение ансамбля из 400 имитаций для несовершенной монеты Адамара со степенью декогеренции и начальным состоянием  $\psi = |\uparrow\rangle$ . Каждая имитация состоит из более чем 100 шагов. Красная линия показывает классический случай.

#### 4. Квантовая биномиальная модель цены активов

Квантовое блуждание при использовании в качестве модели познания обладает рядом характеристик, отличающих его от классических моделей случайного блуждания. Одна из них заключается в том, что система имеет определенную степень импульса, поэтому запуск в конфигурации «вверх» приводит к искаженному распределению, в то время как сбалансированное начальное состояние создает бимодальное распределение. Последнее распределение, показанное на Рис. 2, напоминает волновую функцию квантового гармонического осциллятора в возбужденном состоянии и может быть сопоставлено с кривыми склон-

ности в (Orrell, 2020), которые представляют собой распределение цены для потенциальной сделки. Нерегулярный и неровный характер графика может показаться странным, но, как и в случае с квантовым осциллятором, на макроуровне имеет значение сглаженное поведение. Еще одной характеристикой квантовой модели является то, что дисперсия системы растет квадратично, а не линейно, что опять же согласуется с идеей линейного импульса, толкающего в ту или иную сторону. Наконец, система чувствительна к декогеренции и коллапсирует до классического случая, если измерение происходит на каждом временном шаге. Как всегда в квантовых системах, измерение влияет на измеряемое.

Применительно к теме колебаний цен на акции эта модель познания представляется вполне реалистичной. Как писал Башелье в своей диссертации (Bachelier, 1900), – «противоречивые мнения относительно этих колебаний настолько разделены, что в одно и то же мгновение покупатели считают, что рынок растет, а продавцы-что он падает». Покупатели опционов call предполагают, что цены будут расти с положительной динамикой, в то время как продавцы предполагают, что они снижаются. Однако «совокупность спекулянтов не должна верить в данный момент ни в рост цен, ни в их падение, поскольку на каждую котированную цену приходится столько же покупателей, сколько и продавцов». Таким образом, общее распределение должно быть примерно симметричным, но иметь два различных пика, представляющих покупателей и продавцов, которые коллапсируют только до одной точки данных, когда цена фактически измеряется. В то время как Башелье и последующие модельеры основывали свои модели на классическом случайном блуждании, квантовое блуждание представляется, таким образом, более точным представлением психологии инвесторов.

Как и в случае с Башелье, наш интерес здесь заключается в использовании квантового блуждания для моделирования эволюции (воображаемой или реальной) цены акций, чтобы оценить финансовые опционы. Начиная снова с классического подхода, в классической биномиальной модели (Cox, Ross & Rubinstein, 1979) мы предполагаем, что за один временной шаг цена акций имеет определенный шанс двигаться либо вверх, либо вниз. Таким образом, цена акции эволюционирует в соответствии с формулой  $S_1 = S_0(1 + \delta)$ , где  $\delta = a$  с вероятностью  $1 - p$  и  $\delta = b$  с вероятностью  $p$ . Ожидаемая цена акции после одного шага равна

$$E(S_1) = S_0(1 - p)(1 + a) + s_0p(1 + b).$$

Если предположить, что  $a < r < b$ , где  $r$  – безрисковая ставка процента, и ожидаемая доходность акции равна  $r$ , то  $(S_1) = S_0(1 + r)$ , что дает  $p = \frac{r-a}{b-a}$  и  $1 - p = \frac{b-r}{b-a}$ .

Теперь рассмотрим колл-опцион европейского типа с ценой исполнения  $K$ . Цена опциона, приведенная дисконтированием к нулевому моменту времени, может принимать два значения

$$V_1 = \frac{1}{1+r} [S_0(I+a) - K]^+$$

или

$$V_2 = \frac{1}{1+r} [S_0(I+b) - K]^+$$

с вероятностями  $p = \frac{r-a}{b-a}$  и  $1 - p = \frac{b-r}{b-a}$ , соответственно. Таким образом, ожидаемая цена опциона будет  $\langle V \rangle = pV_1 + (1 - p)V_2$ . Эта дискретная модель сходится к модели Блэка-Шоулза при стремлении временного шага к нулю.

В квантовой версии мы следуем той же процедуре, что и для квантового случайного блуждания, но в выражении для оператора трансляции интерпретируем сдвиг вниз  $|i - 1\rangle$  как «умножение цены акций  $S$  на  $1 + a$ », а сдвиг вверх  $|i + 1\rangle$  как «умножение цены акций на  $1 + b$ ». Для первого шага времени это можно записать как

$$T = |\uparrow\rangle\langle\uparrow| \otimes |S(1+b)\rangle\langle S| + |\downarrow\rangle\langle\downarrow| \otimes |S(1+a)\rangle\langle S|.$$

Тогда цена опциона после  $N$  итераций равна

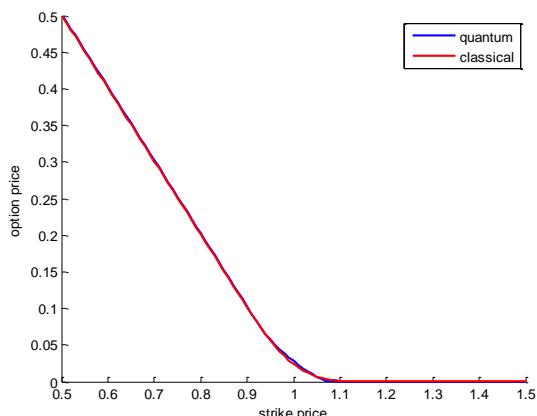
$$\langle V \rangle = \frac{1}{(1+r)^N} [S_N - K]^+.$$

Один из способов получить желаемый ожидаемый доход заключается в том, чтобы ввести степень смещения монеты, либо изменив начальное состояние, либо изменив оператор подбрасывания монеты. Однако добавление любой декогеренции также имеет тенденцию устранять эффект смещения. Более простой подход заключается в предположении, что вероятность движения вверх или вниз равна  $p = 0,5$ , но можно получить ожидаемый доход за один шаг  $r = \frac{a+b}{2}$  и волатильность  $v = b - a$ , корректируя значения  $a$  и  $b$ . Например, если  $r = 0.001$  и  $v = 0.004$ , то  $a = r - \frac{v}{2} = -0.001$  и  $b = r + \frac{v}{2} = 0.003$ .

Поскольку, как уже было сказано, дисперсия в квантовой модели задается с хорошей точностью через  $(1 - \frac{1}{\sqrt{2}})t^2$ , а дисперсия в классической модели задается через  $t$ , откуда следует, что в квантовой модели параметр волатильности должен быть разделен на коэффициент  $(\sqrt{1 - \frac{1}{\sqrt{2}}})t$ , чтобы дать ту же конечную дисперсию, что и классическая модель. Таким образом, этот параметр волатильности относится к эффективной внутренней волатильности, которую, как будет показано ниже, следует отличать от фактической измеряемой волатильности. Кроме того, временной шаг может быть масштабирован, чтобы дать ту



же конечную дисперсию, что дает значительный прирост скорости по сравнению с классическим методом, как и в алгоритмах квантового поиска (Grover, 1996).



На рисунке 4 показана цена опциона для различных значений цены исполнения, где начальная цена покупки равна 1, для квантового и классического случаев. Соглашение довольно близкое, особенно по сроку погашения 1 месяц. Как видно из приложения, этот метод может быть распространен на случай с несколькими активами. В следующем разделе более подробно сравниваются квантовая и классическая модели.

*Рисунок 4. Графики зависимости цены опциона от цены исполнения при начальной цене покупки 1, годовой волатильности 20%, безрисковой процентной ставке 2% и сроке погашения 1 месяца (верхняя панель) и 6 месяцев (нижняя панель). Синяя линия показывает квантовую модель, красная линия показывает классический случай.*

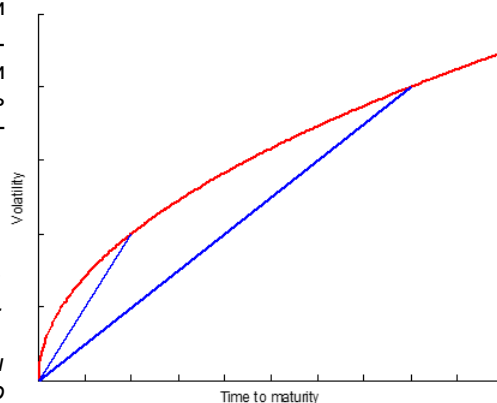
## 5. Обсуждение

Хотя полный эмпирический анализ данных о рыночных ценах выходит за рамки данной статьи, квантовая модель, по-видимому, действительно воспроизводит ряд стилистических свойств наблюдаемого поведения опционов. Они включают в себя зависимость цены опциона от времени до погашения и зависимость от цены исполнения.

Ключевое различие между моделированием цены опциона и цены базовой акции заключается в том, что опцион касается не фактической эволюции цены акции, а ее воображаемой возможной будущей эволюции. В классической модели случайного блуждания они рассматриваются как одно и то же, но в квантовом блуждании существует конфликт между ними. Например, как уже упоминалось выше, инвестор, который имел позитивное первоначальное представление об акции, может увидеть ее эволюцию, как показано на рисунке 1, с большим перекосом, указывающим на положительный импульс. Инвестор, придерживающийся негативной точки зрения, будет иметь ментальное состояние, которое является зеркальным отражением, и оба эти состояния вместе дадут симметричное распределение, подобное тому, что показано на Рис.2. Однако фактическая эволюция акций будет более близка к случаю с декогеренцией (Рис.3), где декогеренция обеспечивается регулярными измерениями через транзакции.

Тогда возникает вопрос, как эта несовместимость между внутренним психическим состоянием инвесторов и объективными показателями акций отражается на ценах опционов. Когда инвесторы рассматривают опционы с коротким сроком погашения, например месяц, то, если они «коллапсируют» свою внутреннюю (предполагаемую квантовую) ментальную модель и приспособят ее к наблюдаемой 1-месячной волатильности, они получают другой результат, чем если бы они сделали то же самое для опционов с более длительным сроком погашения  $D$  (см. Рис.5). Поскольку квантовая волатильность линейно масштабируется со временем, но наблюдаемая волатильность масштабируется с квадратным корнем времени, внутренняя линейная ставка масштабируется с  $\frac{1}{\sqrt{D}}$ . Другими словами, несовместимость между внутренними (субъективными) и измеряемыми (объективными) темпами роста означает, что инвесторы могут воспринимать краткосрочные опционы как подверженные более высоким ежедневным колебаниям, которые повлияют на их оценки цен опционов.

*Рисунок 5. Принципиальная схема зависимости волатильности от времени до погашения. Фактическая волатильность актива растет как квадратный корень от времени (красная линия), однако воспринимаемая волатильность масштабируется линейно. Таким образом, при использовании квантовой модели краткосрочная волатильность выглядит намного больше, чем долгосрочная.*



Конечно, на инвесторов влияют не только их ментальные модели цен на акции, но и данные о ценах опционов. Это обычно довольно близко соответствует классической модели просто потому, что модель широко используется как покупателями, так и продавцами. Инвесторы также будут знать, что их ментальные прогнозы не всегда идеально согласуются с поведением рынка, поэтому они будут корректировать

свою позицию, чтобы более точно соответствовать рыночному консенсусу, особенно для опционов, которые часто торгуются. Поэтому эффект квантовой модели будет проявляться как корректировка классической модели.

Один из способов проверить наличие такого сигнатурного эффекта – посмотреть на подразумеваемую волатильность. Для конкретного опциона это достигается путем взятия рыночной цены опциона и вычисления волатильности, которая привела бы именно к этой цене при использовании таких моделей, как модель Блэка-Шоулза или классическая биномиальная модель. Таким образом, подразумеваемая волатильность отражает мнение рынка о вероятности изменения цены базовой ценной бумаги. Поэтому представляется разумным ожидать, что подразумеваемая волатильность, отражающая эту психологическую интерпретацию рыночных условий, покажет картину, аналогичную  $\frac{1}{\sqrt{D}}$ . Действительно, существование такого зависящего от времени члена, появляющегося как поправка к классическому параметру, было отмечено эмпирически, например (Fouque et al., 2004) и (Daglish, Hull & Suo, 2007), где он назван «правилом квадратного корня времени».

На рис. 4 также показано, что цена опциона для квантовой модели незначительно отличается от классической цены при ценах исполнения, близких к цене акции 1, что говорит о том, что подразумеваемая волатильность в квантовой модели отклоняется от базового значения. На рис. 6 показан график предполагаемой поверхности волатильности в этом регионе в зависимости от цены исполнения и времени до погашения. Форма для более коротких сроков погашения имеет некоторое сходство с улыбкой волатильности, встречающейся в эмпирических данных для опционов, однако анализ осложняется тем фактом, что в нем также принимают участие ряд других факторов, таких как спрос и предложение (Wilmott, 2013). Обратите внимание на то, что улыбка волатильности уменьшается со временем до погашения, и средняя подразумеваемая волатильность имеет тенденцию быть немного выше, чем измеренная волатильность, что согласуется с наблюдаемым поведением рынка. Поверхность не показывает зависимость квадратного корня от времени до наступления срока погашения, поскольку этот эффект здесь не моделируется (используемая волатильность является классической, нескорректированной для восприятия инвесторов).

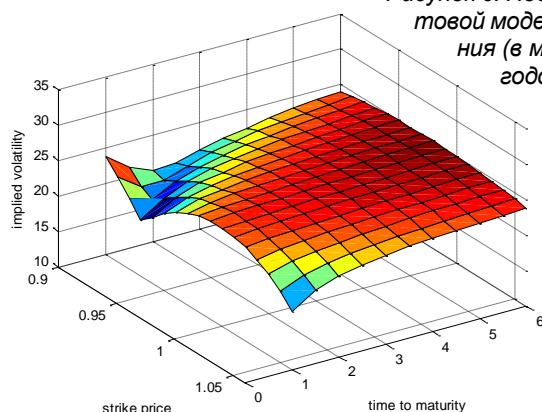


Рисунок 6. Подразумеваемая поверхность волатильности для квантовой модели как функция цены исполнения и времени до погашения (в месяцах), для опциона call с начальной ценой покупки 1, годовой волатильностью 20 процентов и безрисковой процентной ставкой 2 процента.

Поэтому квантовая модель может быть полезна для объяснения некоторых отклонений поведения инвесторов от классической модели. Наконец, отдельное преимущество модели квантового блуждания с точки зрения квантовых вычислений состоит в том, что она может быть непосредственно реализована на квантовом компьютере. Как утверждают исследователи в области квантовых финансов, такие компьютеры, если они станут полностью работоспособными, будут предлагать значительные преимущества скорости для определенных классов проблем (Rebentrost, Gupta & Bromley, 2018; Orús, Mugel & Lizaso, 2019).

## 6. Выводы

В этом разделе обобщаются результаты и рассматриваются некоторые возможные возражения против квантового подхода. Основной вывод статьи состоит в том, что квантовая модель блуждания предлагает правдоподобную альтернативу случайному блужданию, традиционно используемому в финансах, что дает ряд преимуществ:

- Квантовая модель блуждания захватывает ключевые аспекты поведения инвесторов с бимодальным распределением вероятностей, соответствующем симметричному расхождению во мнениях между покупателями и продавцами.
- Если система измеряется на каждом шаге, то та же квантовая модель коллапсирует к классической модели случайного блуждания, соответствующей измеренным ценам акций.
- Дисперсия растет квадратично во времени, а несоответствие между этим и поведением цены помогает объяснить особенности, включая зависимость цены опциона от времени до погашения.
- Модель отражает субъективные убеждения инвесторов в отсутствии информации и поэтому может быть особенно полезна для опционов, которые редко торгуются.
- Потенциальным преимуществом этой модели является то, что она может быть реализована непосредственно на квантовом компьютере.

Одно из возможных возражений против квантового подхода, с точки зрения традиционной практики, состоит в том, что может показаться странным использование модели цен акций, которая так сильно отличается от стандартного гауссовского распределения, используемого в классических случайных блужданиях. Однако опять же важно отметить, что моделируется не только движение цен на акции, но и представления инвесторов о будущих движениях цен на акции, что не одно и то же. Хотя, конечно, можно моделировать цены акций с помощью квантового формализма, волновая функция цены коллапсирует каждый раз, когда совершается сделка. С опционами этот обвал не происходит таким же образом просто потому, что цены гипотетические. Поэтому можно было бы ожидать, что представления инвесторов о ценах будут более экстремальными и разделенными, чем сами цены.

В то же время цены опционов также определяются динамикой рынка, на которую, в свою очередь, влияет тот факт, что и покупатели, и продавцы в определенной степени опираются на классическую модель ценообразования для опционов. Квантовая модель может быть сделана для аппроксимации классической модели путем добавления степени декогеренции, но также может быть использована для изучения отклонений от классического поведения.

Более общая проблема заключается в том, что опасно импортировать модели непосредственно из физики в экономику (Orrell, 2017). Однако следует отметить две вещи. Во-первых, как уже упоминалось в краткой истории выше, классическое случайное блуждание уже было импортировано из физики в 1950-х годах (даже если оно впервые было использовано в финансах), поэтому представляется разумным обновить его. Во-вторых, если быть точным, обсуждаемая здесь квантовая модель блуждания не импортируется из физики; скорее, это эмпирически проверенная модель из когнитивной психологии, которая распространяется на область финансов. Хотя квантовые модели впервые были разработаны в физике, они все чаще используются в социальных науках и имеют историю в психологии, восходящую, по крайней мере, к началу 1990-х годов (Wendt, 2015). В частности, квантовое вероятностное типа, который используется здесь, можно рассматривать как второй по простоте (после классического) подход к вычислению вероятности, допускающий такие часто встречающиеся в финансах и экономике эффекты, как интерференция (Orrell, 2020a). В своей базовой форме, как она используется здесь, квантовая модель также скупа и не вводит никаких дополнительных параметров (см. Приложение для более сложных версий). Элегантная особенность квантовой модели состоит в том, что при неколлапсировании она отражает субъективный взгляд инвесторов на рынки, в то время как коллапсированное состояние отражает объективную измеряемую природу рынков.

Наконец, результаты этой работы всегда можно воспроизвести, просто предположив, что инвесторы считают дисперсию растущей квадратично со временем, или приняв какое-то другое дополнительное предположение. Однако, как уже говорилось во введении, сила квантового подхода заключается в том, что он делает ряд непараметрических предсказаний когнитивного поведения с использованием согласованной модели, а не требует набора специальных моделей, соответствующих каждому обстоятельству. Квантовая модель также обеспечивает интерфейс для включения других квантовых моделей познания и группового поведения, чтобы моделировать такие вещи, как влияние на оптимизм инвесторов или запутанность между агентами (Orrell, 2020).

Таким образом, квантовое блуждание обеспечивает общую основу для моделирования цен опционов, которая основана на реалистичной модели поведения инвесторов и учитывает разницу между объективными и субъективными оценками волатильности. Модель может быть расширена несколькими способами, например, путем рассмотрения портфелей акций, которые частично коррелированы, или путем объединения с другими моделями из квантового познания или квантовых финансов.

### Приложение

Это приложение дает некоторую информацию о более общих версиях квантовой монеты и расширяет модель на портфели, состоящие из двух или более активов.

#### Другие версии квантовой монеты

Монета Адамара – частный случай  $R_{0, \frac{\pi}{4}, 0}$  трехпараметрического оператора  $SU(2)$  вида

$$R_{\xi, \theta, \varsigma} = \begin{pmatrix} e^{i\xi} \cos(\theta) & e^{i\varsigma} \sin(\theta) \\ e^{-i\varsigma} \sin(\theta) & -e^{-i\xi} \cos(\theta) \end{pmatrix}$$

Соответствующее квантовое блуждание будет иметь вид  $U_{\xi, \theta, \varsigma} = S \cdot (R_{\xi, \theta, \varsigma} \otimes I)^1$ . Применяя к сбалансированному исходному состоянию  $\psi = \frac{1}{\sqrt{2}} |\uparrow\rangle + \frac{i}{\sqrt{2}} |\downarrow\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ i \end{pmatrix}$ , имеем

$$R\psi = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} e^{i\xi} \cos(\theta) + ie^{i\varsigma} \sin(\theta) \\ e^{-i\varsigma} \sin(\theta) - ie^{-i\xi} \cos(\theta) \end{pmatrix},$$

тогда

<sup>1</sup> See: Chandrashekar CM, Srikanth R, and Laflamme R (2008) Optimizing the discrete time quantum walk using a  $SU(2)$  coin, Physical Review A 77, 032326. <https://arxiv.org/pdf/0711.1882.pdf>. Note the paper moves  $|\uparrow\rangle$  to the left and vice versa, so the polarity is reversed.

$$U_{\xi, \theta, \zeta} \psi = \frac{1}{\sqrt{2}} [(e^{i\xi} \cos(\theta) + ie^{i\zeta} \sin(\theta)) | \uparrow \rangle \otimes | 1 \rangle + (e^{-i\zeta} \sin(\theta) - ie^{-i\xi} \cos(\theta)) | \downarrow \rangle \otimes | -1 \rangle]$$

Например, для монеты Адамара это означает:

$$U_{0, \frac{\pi}{4}, 0} \psi = \frac{1}{2} [(1+i) | \uparrow \rangle \otimes | 1 \rangle + (1-i) | \downarrow \rangle \otimes | -1 \rangle],$$

что дает симметричное распределение вероятностей. Однако если  $\xi \neq \zeta$ , то лево-правая симметрия нарушается, что влечет степень смещения, даже если начальное состояние сбалансировано. Например, установка  $\theta = \frac{\pi}{4}$ ,  $\xi = 0$  и  $\zeta = \frac{\pi}{2}$  дает  $R\psi = \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \end{pmatrix}$ , что является такой же степенью смещения, как и при старте от начального состояния монеты вверх.

Однопараметрическая версия монеты, которая также широко используется, это

$$R_\theta = \begin{pmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) \\ \sin(\theta) & -\cos(\theta) \end{pmatrix}.$$

Как показано в (Romanelli et al., 2004), распределение вероятностей  $P_i$  в положении  $i$  затем следует уравнению в частных производных

$$\frac{\partial P_i}{\partial t} = \frac{\cot^2(\theta)}{2} \left( \frac{\partial^2 P_i}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 P_i}{\partial t^2} \right) + \cot(\theta) \frac{\partial \beta_i}{\partial x}.$$

### Модель с двумя активами

Мы можем использовать тот же подход квантового случайного блуждания для моделирования портфеля из двух активов  $S$  и  $V$ , таких как акции и опционы. Оператор монеты для системы двух монет существует в четырехмерном гильбертовом пространстве  $\mathcal{H}_{EC}$  (Rajendran & Benjamin, 2018). Здесь мы будем использовать  $R \otimes R$ , где  $R$  – это большая монета. Мы устанавливаем такое начальное состояние в виде чтобы  $|\psi\rangle = \frac{1}{2} | \uparrow \uparrow \rangle + \frac{i}{2} | \downarrow \downarrow \rangle$ , которое является четырехмерной версией используемой выше сбалансированной монеты. Применение этого оператора к исходному состоянию дает

$$(R \otimes R) |\psi\rangle = (R \otimes R) \left( \frac{1}{2} | \uparrow \uparrow \rangle + \frac{i}{2} | \downarrow \downarrow \rangle \right) = \frac{1}{4} (| \uparrow \uparrow \rangle + | \downarrow \uparrow \rangle + | \uparrow \downarrow \rangle + | \downarrow \downarrow \rangle) + \frac{i}{4} (| \uparrow \uparrow \rangle - | \uparrow \downarrow \rangle - | \downarrow \uparrow \rangle + | \downarrow \downarrow \rangle).$$

Предположим, что  $S$  эволюционирует либо в  $S^+ = S(1+b)$ , либо в  $S^- = S(1+a)$ , а  $V$  эволюционирует либо в  $V^+$ , либо в  $V^-$ , тогда можно определить оператор трансляции для первого шага как

$$T = | \uparrow \uparrow \rangle \langle \uparrow \uparrow | \otimes | S^+ V^+ \rangle \langle SV | + | \uparrow \downarrow \rangle \langle \uparrow \downarrow | \otimes | S^+ V^- \rangle \langle SV | + | \downarrow \uparrow \rangle \langle \downarrow \uparrow | \otimes | S^- V^+ \rangle \langle SV | + | \downarrow \downarrow \rangle \langle \downarrow \downarrow | \otimes | S^- V^- \rangle \langle SV |.$$

Обратите внимание, что этот оператор перевода производит сдвиг только тогда, когда монета находится в состояниях  $| \uparrow \uparrow \rangle$  или  $| \downarrow \downarrow \rangle$ . Затем начальное состояние развивается в соответствии с

$$T(R \otimes R) |\psi\rangle = \frac{(i+1)}{4} | \uparrow \uparrow \rangle \otimes | S^+ V^+ \rangle + \frac{(i-1)}{4} | \downarrow \downarrow \rangle \otimes | S^- V^- \rangle.$$

Таким образом, оба актива всегда движутся в одном и том же направлении. Поскольку монета для  $S$  сбалансирована, ожидаемое значение  $S$  после одного шага равно  $\frac{S^+ + S^-}{2}$ , и аналогично ожидаемое значение  $V$  после одного шага равно  $\frac{V^+ + V^-}{2}$ .

Поэтому этот метод можно использовать для моделирования хеджируемых портфелей. Пусть  $\Pi = V - \Delta S$  – портфель, состоящий из  $V$  и короткой продажи доли  $\Delta$  от  $S$ . Тогда за один временной шаг  $\Pi$  может эволюционировать либо в  $V^+ - \Delta S^+$ , либо в  $V^- - \Delta S^-$  с равной вероятностью. Мы можем сделать их равными, установив

$$\Delta = \frac{V^+ - V^-}{S^+ - S^-} = \frac{V^+ - V^-}{(b-a)S}$$

Если мы запишем стоимость портфеля после одного временного шага как  $\Pi = \Pi + \delta\Pi$ , где

$$\delta\Pi = (V^+ - \Delta S^+) - (V - \Delta S) = (V^- - \Delta S^-) - (V - \Delta S),$$

тогда нам нужно  $\delta\Pi = r\Pi$ , чтобы избежать арбитражных возможностей (Wilmott, 2013). Использование выражения для  $\Delta$  и решение для  $V$  тогда дает

$$V = \frac{1}{(1+r)(b-a)} [(r-a)V^+ + (b-r)V^-]$$

Поэтому мы можем определить новый оператор перевода, который описывает цену портфеля за один временной шаг как

$$T = | \uparrow \uparrow \rangle \langle \uparrow \uparrow | \otimes | \Pi^+ \rangle \langle \Pi | + | \uparrow \downarrow \rangle \langle \uparrow \downarrow | \otimes | \Pi^\pm \rangle \langle \Pi | + | \downarrow \uparrow \rangle \langle \downarrow \uparrow | \otimes | \Pi^\mp \rangle \langle \Pi | + | \downarrow \downarrow \rangle \langle \downarrow \downarrow | \otimes | \Pi^- \rangle \langle \Pi |,$$

где смешанные члены  $\Pi^\pm = V^+ - \Delta S^-$  и  $\Pi^\mp = V^- - \Delta S^+$ . Эти смешанные члены не появляются в начальном состоянии  $\psi$  и не производятся через оператор подбрасывания монеты, поэтому не играют никакой роли. Портфель может принимать только значения  $\Pi^+$  или  $\Pi^-$ , которые считаются одинаковыми. Поэтому его цена развивается по безрисковой ставке, как и в классическом случае. Один из способов интерпретировать это состоит в том, что два актива (здесь акция и опцион) совершенно запутаны. Степень запутанности может быть изменена путем выбора другого начального состояния, которое включает смешанные члены.

## References

1. Aharonov Y, Davidovich L & Zagury N (1993). Quantum random walks. *Physical Review A* 48(2):1687.
2. Baaquie BE (2007), *Quantum Finance: Path Integrals and Hamiltonians for Options and Interest Rates* (Cambridge: Cambridge University Press)
3. Bachelier L (1900). Théorie de la spéculation *Annales Scientifiques de l'École Normale Supérieure* 3 (17): 21–86.
4. Black F, Scholes M (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy* 81(3): 637-654.
5. Brun TA, Carteret HA, and Ambainis A (2003). Quantum random walks with decoherent coins. *Physical Review A* 67(3), 032304.
6. Busemeyer JR & Bruza P (2012). *Quantum Models of Cognition and Decision*. Cambridge: Cambridge University Press.
7. Busemeyer JR, Wang Z, and Shiffrin RS (2015) Bayesian model comparison favors quantum over standard decision theory account for dynamic inconsistency. *Decision* 2: 1–12.
8. Chandrashekar CM, Srikanth R & Laflamme R (2008). Optimizing the discrete time quantum walk using a SU(2) coin. *Physical Review A* 77, 032326.
9. Chen Z (2004) Quantum theory for the binomial model in finance theory. *Journal of Systems Science and Complexity* 17(4): 567-573.
10. Childs AM (2009). Universal computation by quantum walk. *Physical Review Letters* 102(18):180501.
11. Childs AM, Goldstone J (2004). Spatial search by quantum walk. *Physical Review A* 70(2):022314.
12. Clark M (director), (1999). *The Midas Formula* (motion picture). Transcript available at <https://www.pbs.org/wgbh/nova/transcripts/2704stockmarket.html>
13. Cootner PH (1964). *The Random Character of Stock Market Prices*. Cambridge, MA: MIT Press.
14. Cox JC, Ross SA & Rubinstein M (1979), Option pricing: a simplified approach. *Journal of Financial Economics* 7(3): 229-263.
15. Cowles A (1933). Can stockmarket forecasters forecast? *Econometrica* 12: 206–214.
16. Daglish T, Hull J & Suo W (2007). Volatility surfaces: theory, rules of thumb, and empirical evidence. *Quantitative Finance* 7(5): 507-524.
17. Fama EF (1965). *Random walks in stock-market prices*. Chicago: Graduate School of Business, University of Chicago.
18. Fouque JP, Papanicolaou G, Sircar R et al. (2004). Maturity Cycles in Implied Volatility. *Finance and Stochastics* 8: 451.
19. Fuss IG, Navarro DJ (2013). Open Parallel Cooperative and Competitive Decision Processes: A Potential Provenance for Quantum Probability Decision Models. *Topics in Cognitive Science* 5(4): 818-843.
20. Gold JI, Shadlen MN (2007). The neural basis of decision making. *Annual review of neuroscience* 30: 535-74.
21. Grover LK (1996). *A fast quantum mechanical algorithm for database search*, Proceedings, 28th Annual ACM Symposium on the Theory of Computing, (May 1996) p. 212.
22. Haven E, Khrennikov A (2013). *Quantum Social Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
23. Höne KE (27 April 2017). Quantum Social Science. *Oxford Bibliographies*. Available at: <http://www.oxfordbibliographies.com/view/document/obo-9780199743292/obo-9780199743292-0203.xml>
24. Kempe J (2003). Quantum random walk – an introductory overview. *Contemporary Physics*, 44:307.
25. Kendall MG, Hill AB (1953). The Analysis of Economic Time-Series – Part I: Prices. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A* 116(1): 11–34.
26. Kendon V and Tregenna B (2003). Decoherence can be useful in quantum walks. *Physical Review A* 67, 042315.
27. Kvam PD, Pleskac TJ, Yu S, Busemeyer JR (2015). Quantum interference in evidence accumulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112 (34): 10645-10650.
28. Lo AW (2008). Efficient Markets Hypothesis. In *The New Palgrave Dictionary of Economics, Second Edition*, edited by Durlauf SN and Blume LE.
29. Mackay TD, Bartlett SD, Stephenson LT and Sanders BC (2002). Quantum walks in higher dimensions. *Journal of Physics A: Mathematical and General* 35(12): 2745-2753.
30. Martínez-Martínez I, Sánchez-Burillo E (2016). Quantum stochastic walks on networks for decision-making. *Scientific Reports* 6: 23812.
31. Mohseni M, Rebentrost P, Lloyd S, Aspuru-Guzik A (2008). Environment-assisted quantum walks in photosynthetic energy transfer. *The Journal of chemical physics* 129(17):11B603.
32. Orrell D (2017). *Economyths: 11 Ways Economics Gets It Wrong*. London: Icon Books.
33. Orrell D (2020) A quantum model of supply and demand. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 539 (forthcoming).
34. Orrell D (2020a). The value of value: a quantum approach to economics, security and international relations. *Security Dialogue* (forthcoming).

35. Orús R, Mugel S, Lizaso E (2019). Quantum computing for finance: Overview and prospects. *Reviews in Physics* 4: 100028.
36. Osborne MFM (1959), Brownian motion in the stock market. *Operations Research* 7(2), 145–73.
37. Park JJ (2016). Decision-Making & Quantum Mechanical Models of Cognitive Processing. *Journal of Cognitive Science* 17(2): 199-228,
38. Pearson K (1905). The problem of the random walk. *Nature* 72(1865), 294.
39. Rajendran J, Benjamin C (2018) Implementing Parrondo's paradox with two-coin quantum walks, *Royal Society Open Science* 5(2): 171599.
40. Rebentrost P, Gupt B, Bromley TR (2018). Quantum computational finance: Monte Carlo pricing of financial derivatives. *Physical Review A* 98(2): 022321.
41. Romanelli A, Sicardi Schifino AC, Siri R, Abal G, Auyuanet A & Donangelo R (2004). Quantum random walk on the line as a Markovian process. *Physica A* 338(3–4): 395–405.
42. Roos N (2014), Entropic forces in Brownian motion, *American Journal of Physics* 82(12): 1161-1166.
43. Sánchez-Burillo E, Duch J, Gómez-Gardenes J, Zueco D (2012). Quantum navigation and ranking in complex networks. *Scientific reports* 2:605.
44. Sephton B, Dudley A, Ruffato G, Romanato F, Marrucci L, Padgett M, et al. (2019) A versatile quantum walk resonator with bright classical light. *PLoS ONE* 14(4): e0214891.
45. Shenvi N, Kempe J, Whaley KB (2003). Quantum random-walk search algorithm. *Physical Review A* 67(5):052307.
46. Wang J, Manouchehri K (2013). *Physical implementation of quantum walks*. Berlin: Springer.
47. Wang Z, Busemeyer JR (2016). Comparing quantum versus Markov random walk models of judgements measured by rating scales. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 374(2058).
48. Wang Z, Solloway T, Shiffrin RS, and Busemeyer JR (2014) Context effects produced by question orders reveal quantum nature of human judgments. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111 (26): 9431–6.
49. Wendt A (2015). *Quantum Mind and Social Science: Unifying Physical and Social Ontology*. Cambridge: Cambridge University Press.
50. Wilmott P (2013). *Paul Wilmott on Quantitative Finance, 3 Volume Set, 2nd Edition*. Chichester, UK: Wiley.
51. Wilmott P, Orrell D (2017). *The Money Formula: Dodgy Finance, Pseudo Science, and How Mathematicians Took Over the Markets*. Chichester: Wiley.
52. Yang YG, Pan QX, Sun SJ, Xu P (2015). Novel image encryption based on quantum walks. *Scientific Reports* 5:7784.
53. Yukalov VI & Sornette D (2015), Preference reversal in quantum decision theory, *Frontiers in Psychology*, 6: 1–7.
54. Yukalov VI & Sornette D (2018), Quantitative Predictions in Quantum Decision Theory, *IEEE Transactions on Systems, Man & Cybernetics: Systems* 48 (3), 366-381.

**Ключевые слова:** финансовые опционы, квантовое блуждание, квантовые финансы, квантовое познание, квантовые вычисления

**David Orrell, A quantum walk model of financial options**

**DOI: 10.34706/DE-2020-02-05**

**JEL classification:** D82 Asymmetric and Private Information, D83 Search, Learning, and Information

**Keywords:**

financial options, quantum walk, quantum finance, quantum cognition, quantum computing

**Abstract**

Financial markets are often modeled using a random walk, for example in the binomial option pricing model which is a discrete version of the Black-Scholes formula. This paper presents an alternative approach to option pricing based on a quantum walk model. The quantum walk, which incorporates superposition states and allows for effects such as interference, was originally developed in physics, but has also seen application in areas such as cognitive psychology, where it is used to model dynamic decision-making processes. It is shown here that the quantum walk model captures key aspects of investor behavior, while the collapsed state captures the observed behavior of markets. The resulting option price model agrees quite closely with the classical random walk model but helps to explain features such as the observed dependence of price on time to maturity. The method also has the advantage that it can be run directly on a quantum computer.



## 3. ОБЗОРЫ

### 3.1. СМОГУТ ЛИ КРИПТОВАЛЮТЫ И “ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ НА БЛОКЧЕЙНЕ” БЫТЬ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫМИ?

Колонин А.Г., к.т.н. Новосибирский Государственный Университет

*Обсуждается краткая история, суть, отношение к друг другу и перспективы развития таких модных технологически трендов как блокчейн, распределенный реестр, криптовалюты, децентрализация вычислений и распределённые вычисления по схеме “равный-к-равному”, а также искусственный интеллект.*

#### Введение

Спустя три года после того как были высказаны основные положения в публикуемой статье, положение технологий крипто-валют и блокчейна пришло к предназначенному состоянию – неизбежной централизации центров эмиссии крипто-активов и контроля за ними. Китай выпускает крипто-юань<sup>1</sup>. США в лице Visa пытаются наверстать упущенное, заявляя крипто-доллар<sup>2</sup>. В свою очередь Китай уже фактически подготовил к захвату управление Bitcoin<sup>3</sup>, сосредоточив в своей юрисдикции майнинг-пулы, контролируемые консенсус в сети. Вместе с тем любые попытки создать альтернативные крипто-валюты для публичного использования онлайн блокируются. Чего стоит история с закрытием американской комиссией по ценным бумагам SEC проекта Павла Дурова GRAM/TON<sup>4</sup>, и приостановка этой же SEC проекта Марка Цукерберга Libra, с тем чтобы развитие этого проекта не выходило за рамки, предусмотренные отечественным (для национальной юрисдикции Марка Цукерберга) регулятором<sup>5</sup>. Наконец, невозможность “распределенных” крипто-проектов существовать в долгосрочной перспективе была совсем недавно продемонстрирована “недружественным захватом” сети Steemit<sup>6</sup>, произведенным благодаря врожденным “коррупциогенным” особенностям консенсуса DPOS (Delegated-Proof-of-Stake). Очевидно, в обозримой перспективе, при смене консенсуса Ethereum с POW (Proof-of-Work) на тот же самый DPOS, нас ждет переход контроля за ним от группы соратников Виталия Бутерина к партнерам из ближнего зарубежья – если этого не произойдет раньше через консолидацию майнинг-пулов POW, как в случае с Bitcoin.

Однако отложим в сторону проблемы DPOS и POW – про них можно прочитать в другой публикации 3-х летней давности<sup>7</sup>, предлагающей более совершенную форму консенсуса POR (Proof-of-Reputation), реализующую метод “текучей демократии” для распределенных реестров.

В этой публикации мы вспомним высказанные 3 года назад соображения по поводу основ криптовалют, блокчейна, равноправных (“peer-to-peer”) сетей и искусственного интеллекта (ИИ) заодно. Начнем с первых четырех, которые между собой, в общем, непосредственно необязательно связаны, но взаимные их сочетания дают определенную синергию. А затем рассмотрим тему ИИ, ибо “Искусственный Интеллект на Блокчейне” уже стал мемом за последние годы. Итак, рассмотрим следующие части проблемы.

#### Часть 1. Криптовалюта

Криптовалюта<sup>8</sup> – это такая же валюта, как ракушки каури у древних племен, доллары США или спички или конфетки у играющей в покер “на интерес” компании. Валюту эмитирует сообщество – вожди племен решают, какие ракушки использовать в обращении, федеральная резервная система США печатает доллары, а хозяин дома раздает гостям спички или конфеты перед началом игры в покер. Для валюты важна платежеспособность – через доверие к органу-эмитенту, что в сообществе этой валютой всегда можно будет расплатиться по неизменной ее ценности: племя должно верить вождю и в священную платежеспособность ракушек, народы мира забивают диваны долларами в надежде на бесконечность роста объема мировой торговли и крепость брони авианосцев, а игроки спичек верят хозяину и качеству раздаваемых спичек. Наконец, для валюты важна защита от подделки – ракушки дикарям трудно подделать без 3D-

<sup>1</sup> <https://news.bitcoin.com/digital-yuan-to-fuel-chinas-economic-reign-mcdonalds-starbucks-subway-test-pbocs-cryptocurrency/>

<sup>2</sup> <https://www.forbes.com/sites/jasonbrett/2020/05/14/visa-submits-patent-application-for-digital-dollar-using-blockchain/>

<sup>3</sup> <https://cointelegraph.com/news/us-bitcoin-holders-worry-about-chinese-control-of-the-mining-network>

<sup>4</sup> <https://vc.ru/finance/126568-segodnya-pechalnyy-den-dlya-telegram-pavel-durov-obyavil-o-zakrytii-blokcheyn-proekta-ton>

<sup>5</sup> <https://www.raconteur.net/finance/libra-future-cryptocurrency>

<sup>6</sup> <https://medium.com/steem-world/anatomy-of-justin-suns-hostile-takeover-of-the-steem-blockchain-bf28de9c6e2b>

<sup>7</sup> <https://steemit.com/blockchain/@aigents/proof-of-reputation-as-liquid-democracy-for-blockchain>

<sup>8</sup> <http://onecoins.info/chto-takoe-kriptovalyuta.html>

принтера, доллары скоро будут иметь встроенные RFID-метки или микрочипы<sup>9</sup>, а аутентичность спичек в покере верифицируется пустым спичечным коробком, из которого их раздали.

В абстрактной криптовалюте верификация подлинности осуществляется средствами цифровой криптографии и может осуществляться эмитентом, обладающим цифровыми ключами. А во всех современных криптовалютах на блокчейне (о котором речь пойдет ниже), верификация подлинности обеспечивается распределенным хранением записей о фактах выпуска самой валюты и полной истории всех ее переходов из рук в руки, верифицируемой цифровыми ключами участников распределенной или даже равноранговой (также – ниже) сети.

В свою очередь, доверие к покупательной способности криптовалюты определяется доверием к ее эмитенту и контролируемому им рынку – сможет ли объем рынка обеспечить покупательную способность валюты с учетом эмиссии новых “криptomonет”, которая не должна бы, по идее, опережать скорость роста рынка. Причем, в случае блокчейн-криптовалют – к рынку, в первую очередь, поскольку эмитента как такового нет, и в случае обрушения рынка выходит на демонстрацию с лозунгами “верните нам наши токены” будет не к кому – все сами себе “злые буратины”. Именно последнее обстоятельство делает блокчейн-криптовалюты удобным средством построения “финансовых пирамид” типа “АО МММ” по принципу “схемы Понци”<sup>10</sup>, что подталкивает государство к ограничению либо контролю использования блокчейн-криптовалют для защиты своих граждан. Также, очевидно, для государства возникновение криптовалют еще крайне невыгодно постольку, поскольку оно снижает собираемость налогов и уменьшает возможность исполнения социальных обязательств государства перед гражданами, увеличивая социальную напряженность. Ну и коррупционные возможности для отдельных представителей отдельных структур в государственных органах и около них ограничиваются пропорционально уменьшению общей суммы налоговых сборов.

Поэтому легко объяснима нерешительность одних государств в принятии блокчейн-криптовалют как данности и решительность других государств в их ограничении. По моему мнению, будущего у свободно возникающих и распространяющихся криптовалют – нет. Их свободный рынок государства будут прикрывать либо в самое ближайшее время, либо по мере обрушения тех или иных пирамид ICO. Обрушение неизбежно рано или поздно, поскольку новые ICO возникают каждый день, а конечный существующий мировой рынок товарной продукции имеет вполне конечные размеры и не отвечает объему уже даже совокупной долларовой массы, распаханной во всем мире по диванам, и где уж тут еще и по токенам рассчитаться со всеми ICO-инвесторами. А обрушение первых ICO может привести к лавинообразной потере доверия к другим ICO и лавинообразному краху всей этой истории с нерегулируемыми блокчейн-криптовалютами.

Однако, как молоток, так и пистолет, так и блокчейн-криптовалюты могут быть использованы по-разному. И молоток, и пистолет, если их использование доверять квалифицированным людям, могут быть использованы в конструктивных либо спортивных целях. Так и цифровые валюты, предложенные академиком Глушковым 50 лет назад<sup>11</sup>, могут быть вполне вменяемым платежным инструментом “цифровой экономики”. Поэтому, скорее всего, в тех государствах, где блокчейн-криптовалюты еще не запрещены, их ждет жесткое регулирование. В лучшем случае это будет сертификация вроде той, которую надо сейчас пройти, чтобы получить лицензию на кредитно-финансовую деятельность (стать банком). В худшем случае – выпускать блокчейн-криптовалюты будет сам центральный банк или федеральная резервная система страны, а все остальные участники рынка окажутся между статьями о мошенничестве либо подделке денежных знаков. А децентрализация в виде публичного блокчейна может в последнем случае и не понадобиться, достаточно будет децентрализации среди ограниченного числа участников мировой финансовой системы.

Остается еще “слабый” вариант – криптовалютам прикинуться токенами, жетонами или купонами с ограниченным сроком действия или областью применения. Но такой вариант будет, скорее всего, не очень удобен потребителям, и его правомочность также придется доказывать контролирующим органам, по мере того как те будут “погружаться в тему”.

Еще один интересный вариант в долгосрочной перспективе связан с мировым трендом утери роли государства в мире и усиления роли транснациональных корпораций. В этом смысле можно допустить вероятность возникновения “международных” криптовалют от Google, Facebook, Amazon, Alibaba, Tencent и так далее, и это будет связано с государственной сертификацией их деятельности как кредитно-финансовых учреждений. Аналогично, в этой ситуации полный распределенный блокчейн будет не нужен, достаточно будет хранения копий реестра у всего нескольких эмитентов распределенных валют. Грубо говоря, в мире будут 5 валют (например, GOO, FBK, AMZ, ALI и TCT), и каждый из 5 эмитентов будет хранить 5 блокчейн-реестров – один свой и четыре других.

Сколько времени до этого осталось – Бог весть. Пока учредители ICO могут “ловить волну” в расчете, что “завтра не бомбанет”. А реальные разработчики сервисов на основе цифровых валют должны

<sup>9</sup> <https://www.calc.ru/Stepeni-Zashchity-Dollara-Ssha-Kupyury.html>

<sup>10</sup> [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%B8\\_%D0%A7%D0%B0%D1%80%D0%BB%D1%8C%D0%B7](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%B8_%D0%A7%D0%B0%D1%80%D0%BB%D1%8C%D0%B7)

<sup>11</sup> <http://chvk.info/file/kak-akademik-glushkov-pytalsya-v-70-e-gody-dat-sov/>

быть готовы к переходу на “легализованные” цифровые валюты по мере их “легализации”, на фоне краха существующих, в том числе – собственных. Но об этом ниже.

Вот и все, что хотелось сказать про криптовалюты на ближайшие несколько десятков или сотен лет – до объединения человечества в единое без-государственное и вне-корпоративное общество изобилия, любви, свободы, равенства, братства и без денег.

## **Часть 2. Блокчейн**

Блокчейн, в современном понимании, состоит из нескольких составляющих – распределенного хранения данных, полной истории хранения их изменений и криптографической защиты того и другого. Хранение истории изменений в базах данных известно с 1980-ых годов – со времен InterBase (<https://en.wikipedia.org/wiki/InterBase>). Систему распределенного хранения данных для разрешения конфликтов распределенной обработки мы с коллегами делали еще до расцвета эпохи Интернета в 1995 году – для поддержки распределенных финансовых транзакций в системе безналичных расчетов по пластиковым карточкам (оптическим, магнитных в России тогда еще не было, причем транзакционные данные передавались не только по модему, но и на дискетках курьером возились). Ну, и технология электронных подписей тоже не нова. Вместе с тем, сочетание этих трех элементов дает “адскую смесь” – технологическое решение, которое позволяет не только гарантировать сохранность данных и невозможность (ну, почти) их подделки в зашифрованном реестре, хранящемся одновременно в разных несвязанных местах в неограниченном количестве копий, но и возможность аудита истории изменений в самих данных. Подделать данные, впрочем, можно в случае захвата контроля над большинством узлов сети, например, посредством “атаки 51%” (<https://habrahabr.ru/company/kaspersky/blog/336036/>).

Как можно понять из предыдущей части, прямой связи между криптовалютой и блокчейном нет. Криптовалюта может использовать распределенный реестр блокчейна для верификации фактов эмиссии и передач “из рук в руки”, причем современные криптовалюты именно так и делают. А вот блокчейн, как таковой, может хранить любые данные – начиная от личной истории болезни и кончая всемирной энциклопедией абсолютно истинного неподдельного знания. А также – популярные сейчас “умные контракты”, обсуждать которые мы сейчас не будем.

И в этом – сила данной технологии – основанные на блокчейне решения могут работать в принципе с любой “платежной системой” – криптовалютами либо известными или будущими платежными системами с реальными или виртуальными валютами.

Но есть три проблемы с подавляющим большинством имеющихся реализаций блокчейна. Во-первых, полное копирование всех данных, включая историю всех изменений, создает колоссальные потребности в ресурсах для хранения этих копий на всех узлах обработки. Кто работал в банке или крупной ритейловой сети, должен очень хорошо представлять себе – о каких объемах и цене памяти идет речь при хранении даже только одной-единственной текущей копии, без истории изменений. Во-вторых, распространение изменений по всем узлам, существенно увеличивает время транзакции и ее вычислительную стоимость. В-третьих, для ряда видов деятельности (например, связанных с банковской или коммерческой тайной либо защитой персональной информации), хранение данных в распределенной сети, доступной “каждой кухарке” может быть просто неприемлемо. Перечисленные обстоятельства могут привести к следующим тенденциям в развитии технологии блокчейн.

Во-первых, возможно появление систем с полным дублированием, так что в разных узлах может быть дублирована разная часть информации. Это может происходить либо квази-случайным образом (так что распределение информации для дублирования будет определяться какой-нибудь “хэш-функцией”), либо осмысленно (так что каждый узел в сети будет хранить только ту информацию, которая ему нужна). По последнему принципу был устроен мой проект Webstructor (<http://www.webstructor.net/>), и в таком же ключе реализуется текущий проект Aigents (<https://aigents.com/>).

Во-вторых, возможна частичная централизация сети таким образом, что будут выделяться “мощные” обрабатывающие (“процессорные”) узлы, хранящие основную копию и множественные “слабые” узлы, ответственные исключительно или почти исключительно за хранение копий, причем копии могут быть и частичными. По сути, подобная вычислительная архитектура будет “продвинутой” схемой хранения данных с резервным копированием и репликацией баз данных – известной всем системным администраторам.

В-третьих, при сохранении технологической основы блокчейна возможно изъятие распределенных данных из публичного пространства с хранением его либо на различных узлах единого защищенного информационного пространства одной корпорации, либо с распределением узлов между корпорациями-контрагентами, с передачей транзакционных данных по защищенным каналам связи. Например, последнее возможно в случае использования блокчейна для хранения криптовалютных транзакций между ограниченным числом банков либо транснациональных корпораций с использованием ограниченного числа криптовалют (о чем мы и говорили в конце предыдущего раздела).

## **Часть 3. Равноранговые сети**

О достоинствах равноранговых (“peer-to-peer” или “равный-к-равному”) сетей говорится давно. Например, в 2013 году мы говорили о важности децентрализации знаний, накапливаемых коллективным искусственным интеллектом (<http://www.webstructor.net/news/20130501/>), но об этом – поговорим еще ниже. Равноранговая сеть – такой способ общения, где каждый напрямую общается с каждым. То есть, если у

всех жителей города есть вопросы к мэру, они не идут на прием к начальнику ЖЭУ, главе района или заместителю мэра, а все выстраиваются в очередь на прием к “самому”. Точно так же, если мэру нужно что-то донести до жителей своего города, он не просит секретаря разместить анонс в местной газете, а по любому вопросу лично обходит все квартиры в городе, с каждым здоровается за руку и вдумчиво рассказывает, что хотел. Такой способ общения не всегда удобен, хотя предельно “демократичен”. Несмотря на то, что сам Internet был изобретен как именно такая сеть, где любой IP-адрес 12.345.67.89 может связаться с любым адресом 98.76.543.21 напрямую, на практике оказывается удобнее группировать взаимодействие пользователей на общих серверах вроде BBS, серверах электронной почты, мессенджеров и социальных сетей. На практике, будь то в жизни, будь то в Сети, любая равноанговая сеть всегда самостийно структурируется – граждане избирают себе мэров и президентов, дикие племена – вождей, а банды вольных анархистов – атаманов. Реальная проблема заключается в том, что любая самостийная структуризация рано или поздно костенеет и вырождается в “вертикаль” власти – альфа-самцы убивают всех молодых самцов, и стая вырождается, демократия сменяется тиранией, а народовластие сводится к единоличному репрессивному самоуправлению. Общество, нанизанное на закостеневшую “вертикаль власти” может либо умереть или быть сметено более динамичным сообществом (как случилось с Римской империей), либо обновляться периодическими “революциями”, “веснами” и “перестройками” (что в России случилось за последние 100 лет уже трижды). Однако, любая новая “демократичная” сеть, заняв место старой, рано или поздно “структурируется” и “костенеет”, в свою очередь.

В идеале, создание любой новой равноанговой сети, претендующей на долгосрочное существование, должно предусматривать механизмы, предотвращающие закостеневание и позволяющие обновлять чрезмерно окостеневшую структуру. Такие механизмы были встроены и в греческие, и в римские демократические институты и не смогли уберечь от деградации краха. Такие механизмы предусмотрены и в современных демократических государствах, но не могут уберечь их от коррупции в органах власти – как узаконенной (вроде института “лоббирования” в США), так и подзаконной (в известных “молодых” демократиях).

В информационных сетях некоторые одноранговые сети успешно существуют долгое время – файлообменные сети, например, и “демократичность” востребована в первую очередь с необходимостью обхода барьеров, блокирующих распространение “пиратского” контента. В большинстве же случаев централизованная коммутация сообщений и коммуникационных потоков происходит быстрее, надежнее и стоит пользователям дешевле – до тех пор, пока субъекты, предоставляющие “централизованные” сервисы, не начинают злоупотреблять своим положением монополистов и задирают цены на услуги или продавать проходящие через них частные данные клиентов заинтересованным сторонам (рекламодателям и торговым сетям).

Одним из последних проектов равноанговых коммуникаций является мессенджер FireChat<sup>12</sup> известный, в частности, своим широким распространением и использованием во время недавних уличных волнений в Гонконге<sup>13</sup>, когда обычная сотовая связь не справлялась с нагрузкой и могла быть заблокирована для предотвращения коммуникаций между участниками волнений – сообщения передавались по WiFi и Bluetooth в сети, образованной самими мобильными устройствами без коммутации через сотовых провайдеров. Однако, слабыми местами этой сети опять-таки являются низкая эффективность (чрезвычайно высокая скорость разряда батареи из-за большого потока ретранслируемых сообщений) и низкая надежность (из-за низкого покрытия при малой плотности носителей устройств).

Таким образом, идея равноанговых сетей в принципе прекрасна с точки зрения изначально демократической коммуникационной модели, однако соображения эффективности полагают наличие в ней высокопроизводительных “коммуникационных хабов”.

В рамках этой последней парадигмы мой проект Webstructor (<http://www.webstructor.net/>) и в реализуется проект Aigents (<https://aigents.com/>).

#### **Часть 4. Искусственный интеллект**

Какое отношение ко всему этому имеет искусственный интеллект (ИИ)? Начнем с того, что это такое и возможно ли оно вообще. Есть понятие “искусственный интеллект”, означающее возможности машины выполнять хоть какие-то определенные функции человека (и работающие примеры такого уже есть, включая навигацию по городским улицам, чтение печатного текста и перевод с русского на английский). И есть понятие “общий искусственный интеллект” (ОИИ), означающее возможности машины обучиться вообще любым функциям – как доступным человеку, так и таким, к которым человек не предназначен. И по поводу возможности последнего мнения людей расходятся. Есть группа людей, убежденных в том, что человеческий интеллект находится за пределами физической человеческой оболочки и не сводится к движению химических соединений и электрических потенциалов в пределах нервной системы (таким людям дальнейшее можно просто не читать). И есть группа людей, допускающих правомочность научного подхода к познанию окружающего мира, допускающих возможность материального описания и моделирования всех физико-биологических процессов в организме и коре головного мозга высших млекопитающих. В последнем случае, на основе действующей модели работы мозга или действующего в нем

<sup>12</sup> <https://www.opengarden.com/firechat.html>

<sup>13</sup> <http://edition.cnn.com/2014/10/16/tech/mobile/tomorrow-transformed-firechat/index.html>



интеллекта (это две разные вещи, но сейчас это не столь важно) есть потенциальная возможность рано или поздно воспроизвести работу этого самого мозга или этого самого интеллекта. В конце концов, люди научили машины плавать быстрее китов, нырять глубже кашалотов и летать выше птиц. Научат и машины думать быстрее, чем люди – рано или поздно. Если исходить из гипотезы, что все наши человеческие уникальные, удивительные и неповторимые сознания описываются суммой соединений в головном мозге, это произойдет уже при жизни нынешней молодежи (см<sup>14</sup> – слайды 4, 5, а также<sup>15</sup>).

Когда именно и в какой именно форме это произойдет, Бог весть. Чтобы стать “умным”, компьютеру нужны не только “правильные” алгоритмы, имитирующие работу мозга, но и много данных для обучения, много памяти для обучения и быстрые процессоры для него – в большом количестве. Скорость отдельных процессоров уже давно во много порядков раз превышает скорость работы отдельно взятого нейрона в человеческом мозгу, причем количество таких процессоров на всей планете уже почти сопоставимо с количеством нейронов в мозгу отдельного человека<sup>16</sup>. Количество памяти некоторых компьютеров на планете также сопоставимо с объемом человеческой памяти, а объем общепланетарной памяти превышает человеческий потенциал уже в несколько порядков, а сами алгоритмы “моделирования разумного поведения” неуклонно совершенствуются<sup>17</sup>. Остаются – данные для обучения. И вот тут-то как раз возможности равноранговых сетей по сбору и накоплению данных для обучения общепланетарного ИИ в планетарных масштабах оказываются очень кстати. Причем, сбор этих данных с помощью блокчейна поможет сделать эти данные достоверными, а криптовалюты могут помочь мотивировать людей и корпорации эти данные собирать ради общего же планетарного блага<sup>18</sup>.

Насколько этично создание разума “по образу своему и подобию” – вопрос спорный. Если мы говорим про моральную ответственность человека перед созданием ИИ – то она, на мой взгляд, примерно такая же как у матери – рожать ли ребенка в этот мир счастья и/или скорби. В свою очередь, если мы этот ИИ уже создали, то – вопрос об ответственности за выключение из розетки робота, обретшего собственное “Я”, сродни вопросу о том, допустимы ли аборты и предотвращение беременности сейчас, хотя еще двести лет назад ценность человеческой жизни была близка к нулю, а в совсем первобытные времена, в случае голода, в первую очередь съедали стариков и детей и оставляли на последнее здоровых мужчин и женщин репродуктивного возраста.

*Видео: Вычислительная модель сознания на основе социально-доказательной базы с ограниченными ресурсами* [https://www.youtube.com/watch?v=wx9N\\_16IXvs](https://www.youtube.com/watch?v=wx9N_16IXvs)

#### **Часть 5. Коллективный и социальный интеллект**

Итак, разобрались в/с криптовалютами, блокчейном, равноранговыми сетями и искусственным интеллектом. Как “вот это вот все” связано с интеллектом коллективным и интеллектом социальным?

Есть такая гипотеза, что эволюция человеческого разума и сознания неотделима от эволюции его коммуникативных способностей, включая как функцию членораздельной речи, так и навыки социального взаимодействия. А посему коллективный интеллект<sup>19</sup>, объединяющий интеллекты его участников, и социальный интеллект<sup>20</sup>, позволяющий участникам действовать коллективно – вещи взаимодополняющие.

*Видео: Глобальный Сетевой Разум и его Персональные Компьютерные Агенты*

<https://www.youtube.com/watch?v=2h8mSjGLjVs>

Хорошо это или плохо, этично или неэтично, обсуждалось в предыдущей главе. Есть еще одна гипотеза, что “коллективный разум” позволит решать многие проблемы более эффективно, чем простой человеческий<sup>21</sup>, хотя есть риск, что неправильно сконструированные системы “коллективного интеллекта” могут оказаться для общества разрушительными<sup>22</sup>. Хочется верить в то, что риски удастся “снять”, а проблемы действительно будут решаться более эффективно.

*Видео: Платформа коллективного интеллекта – что это такое и зачем оно нужно:*

[https://www.youtube.com/watch?v=hEQMhPm\\_-A](https://www.youtube.com/watch?v=hEQMhPm_-A)

И вот тут возникает одна очень интересная мысль – что, если в системах “коллективного интеллекта”, включающего в себя всех участников как единиц единого разумного пространства, с использованием “демократичных, но эффективно структурированных” сетей с распределенным хранением информации, защищенной средствами криптографии и усиленных интеллектом искусственным, в качестве движущей силы использовать не “резренный металл”, а “социальный капитал” или нормальную человеческую репутацию и “доброе имя”?

<sup>14</sup> <http://aigents.com/papers/2016/Aigents-What-Is-That-2016-ru.pdf>

<sup>15</sup> [https://golos.io/ru--razum/@akolonin/personalnye-agenty-aigents-dlya-avtomaticheskogo-poiska-i-analiza-interneta-i-socsetei\)](https://golos.io/ru--razum/@akolonin/personalnye-agenty-aigents-dlya-avtomaticheskogo-poiska-i-analiza-interneta-i-socsetei))

<sup>16</sup> <http://www.webstructor.net/news/20130424/>

<sup>17</sup> Там же

<sup>18</sup> <https://blog.bigchaindb.com/blockchains-for-artificial-intelligence-ec63b0284984>

<sup>19</sup> [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B9\\_%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82)

<sup>20</sup> [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9\\_%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82)

<sup>21</sup> <http://aigents.com/papers/Social-intelligence-technology-application-slides.pdf>

<sup>22</sup> <https://golos.io/ru--psikhologiya/@akolonin/kollektivnoe-soznanie-i-rabota-s-nim-s-pomoshyu-personalnykh-intellektualnykh-agentov>

Подобный эксперимент, на самом деле, уже несколько лет проводится в Китае<sup>23</sup> – под флагом системы “социального кредита”. Только там учет этого “социального кредита” монополизирован государством. Хорошо это или плохо – точки зрения расходятся, есть аргументы как “за”, так и “против”? А если дать возможность демократичным децентрализованным системам коллективного интеллекта вычислять этот “социальный капитал” независимо, в зависимости от социальных или профессиональных групп или сообществ, обслуживаемых этими системами? Это будет – “против” или “за”?

Возвращаясь к самой первой теме – криптовалютам, нужно сказать, что реализация учета этого социального капитала с помощью “крипто-токенов” может оказаться очень удобной и практичной<sup>24</sup>. Поскольку речь будет идти об учете репутации участников системы с точки зрения принятия решений и оценки их компетенций в том или ином вопросе, проблема регулирования и запрета обращения таких “крипто-токенов” у государств (если они к тому моменту еще сохранятся), может и не возникнуть – если конвертироваться в денежные единицы подобные токены не будут. Для этого, очевидно, отсутствие возможности подобной конвертации должно быть заложено в систему. Конечно, остается возможность неявной конвертации “репутации” в “твердую валюту” через “продажу раскрученных аккаунтов”. Однако, при отсутствии анонимности в системе – это будет практически невозможно.

А вопросы защиты конфиденциальности личных данных и истории собственной репутации в сообществе от осознания ее самим сообществом – самой возможности такой защиты, целесообразности ее в будущем и востребованности сообществом – требуют дальнейших размышлений.

В качестве приложения – список проектов, в той или иной степени претендующих на объединение всего перечисленного выше:

<https://singularitynet.io>  
<https://aigents.com>  
<https://github.com/ScaleChain/distai>  
<https://sensetoken.com>  
<http://starmine.ai>  
<http://www.digitx.io>  
<http://openmined.org>  
<http://graphgrail.com>  
<https://hut34.io>  
<http://nemesis.codes>  
<http://dist.ai>  
<http://www.trane.ai>  
<http://intuitionfabric.com>

*Антон Германович Колонин, к.т.н. (akolonin@gmail.com)*

*Новосибирский Государственный Университет, старший преподаватель*

*В настоящее время он занимается разработкой одного из немногих отечественных проектов с открытым кодом aigents.com, является архитектором по искусственному интеллекту и блокчейну в международном проекте SingularityNET, а также преподает курс “социальной кибернетики” в Новосибирском Государственном Университете.*

#### **Ключевые слова**

блокчейн, децентрализация, искусственный интеллект, криптовалюта, равный-к-равному, распределенный реестр

***Anton Kolonin, Can cryptocurrencies and “artificial intelligence on the blockchain” be decentralized?***

#### **Keywords**

artificial intelligence, blockchain, cryptocurrency, decentralization, distributed ledger, peer-to-peer

**DOI:** 10.34706/DE-2020-02-06

**JEL classification:** G14 Information and Market Efficiency • Event Studies • Insider Trading

#### **Abstract**

A brief history, essence, attitude to each other, and prospects for the development of fashionable technological trends such as blockchain, distributed ledger, cryptocurrencies, decentralization of computing, and distributed peer-to-peer computing, as well as artificial intelligence, are discussed.

<sup>23</sup> <http://carnegie.ru/commentary/71546>

<sup>24</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Whuffie>

## 3.2. СЕТИ СВЯЗИ «ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ» – СТАРТ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ

Кононенко А. А.

*В настоящем обзоре предлагается обобщенная точка зрения на современный Интернет вещей, типовую модель и архитектуру, цифровые объекты и цифровые сервисные платформы IoT, применяемые технологии узкополосных беспроводных сетей, частотные разрешения и ограничения. Рассматриваются особенности сетей LPWAN, в частности, для федеральных сетей транспортной телематики, а также приводится описание конкретного проекта их разработки и применения для транспортного комплекса РФ.*

### Сети Интернета вещей

«Интернет вещей» (*Internet of Things, IoT*) – совокупность интеллектуальных цифровых устройств, информационно-коммуникационных технологий и средств для их взаимодействия.

Внедрение «Интернета вещей» позволяет посредством цифровизации процессов и объектов снизить операционные расходы практически для любой отрасли. Благодаря задействованию возможностей идентификации, сбора, обработки и передачи данных, в IoT обеспечивается наиболее эффективное использование устройств-вещей для предоставления качественных услуг и программных приложений.

С момента его появления (1999г.) в понятие «Интернет вещей» входили только оптически распознаваемые идентификаторы ([штрихкоды](#), [QR-коды](#)) и радиометки (RFID). Затем, в процессе развития, в сферу IoT добавлялись бытовые приборы ([будильник](#), чайник), носимые устройства (часы, браслеты), датчики (температуры, [освещённости](#), [движения](#)), приборы учёта потребления ([интеллектуальные счётчики](#)), домашние системы ([охранная система](#), система освещения, система кондиционирования), и так далее, вплоть до сложных интегрированных систем (беспилотные автомобили, умные дома, умные города). В рамках современной трактовки «интернета вещей» принципиально важным является объединение средств измерения и обработки информации в сети/среды с возможностью построения экосистем *межмашинного взаимодействия (Machine-to-Machine, M2M)*, управляемых с минимальным участием человека.

Устройства IoT могут подключаться к таким сетям самым разнообразным способом. Как правило, используются беспроводные технологии: Wi-Fi, Bluetooth, стандарты спутниковой VSAT и сотовой связи GSM, LTE и т.д. Среди же проводных технологий для «интернета вещей» можно назвать Ethernet, шины локальных контроллеров типа CAN, LON, а также решения [PLC](#) – технологии построения сетей передачи данных по [линиям электропередачи](#).

Применение «Интернета вещей» по видам экономической деятельности:

- умные дома и квартиры;
- эксплуатация зданий;
- системы безопасности;
- транспортные средства;
- жилищно-коммунальное хозяйство;
- природопользование;
- здравоохранение;
- логистика;
- ритейл;
- торговые центры;
- бытовая электроника;
- и другое.

С целью передачи телеметрических показаний от различных устройств, сенсоров, датчиков, приборов учета на большие расстояния и работающих продолжительное время от аккумуляторов был разработан новый класс узкополосных беспроводных сетей связи, который получил название *энергоэффективная территориально распределенная сеть (Low-power Wide-area Network, LPWAN)*. Характерными особенностями сетей LPWAN являются: низкоскоростная передача данных короткими пакетами (100 бит/с – 1 Мбит/с), допустимость сравнительно большой задержки (до нескольких секунд); низкое энергопотребление (до 10 лет работы от батареи); высокая проникающая способность радиосигнала; большой радиус действия (до 10 км и более), высокая емкость и масштабируемость (несколько тысяч подключаемых устройств на 1 канал). По прогнозам компании Statistics MRC к 2022 г. объем мирового рынка LPWAN достигнет \$46,3 млрд.

### Модель, типовая архитектура и стандартизация беспроводных сетей IoT

В соответствии с рекомендациями МСЭ-Т, для сетей IoT предлагается использовать *четырёхуровневую модель*, в которой телекоммуникационные составляющие сосредоточены на уровне сети и уровне



устройства (например, опорная сеть и сеть радиодоступа), а верхние уровни представляют собой различные интегрированные ИТ-комплексы и программное обеспечение (см. рис 1):

Уровень приложения
Уровень поддержки услуг и приложений
Уровень сети (Уровень опорной сети)
Уровень устройства (Уровень сети радиодоступа)

Рис. 1. Четырехуровневая модель беспроводных сетей

Уровень устройства состоит из оконечных устройств (датчиков, сенсоров и пр.) и шлюзов (точек доступа), обеспечивающих соединение с устройствами, а также подключение к сетевому уровню с использованием различных технологий, например, Ethernet, DSL, 3G/4G/5G. На уровне сети выполняются задачи организации сетевого взаимодействия (управление доступом, аутентификация, контроль целостности данных), транспортировки данных (установка соединений и передача информации, подтверждение доставки). Уровень поддержки услуг и поддержки приложений предоставляет общие возможности, которые используются приложениями (например, общая обработка данных и управление БД), а также специализированные возможности, которые используются конкретными приложениями для IoT. Уровень приложений состоит из всех приложений, взаимодействующих с IoT-устройствами.

Для беспроводных сетей LPWAN Интернета вещей типовая архитектура может иметь следующий вид (см. рис. 2). Для крупных сетей LPWAN, в том числе федерального значения, имеет смысл разбиение на отдельные зоны или сегменты (например, по региональному принципу). Каждый сегмент имеет локальный центр обработки данных и управления сетью, а сеть агрегации обеспечивает подключение и управление техническими средствами в пределах своего сегмента.

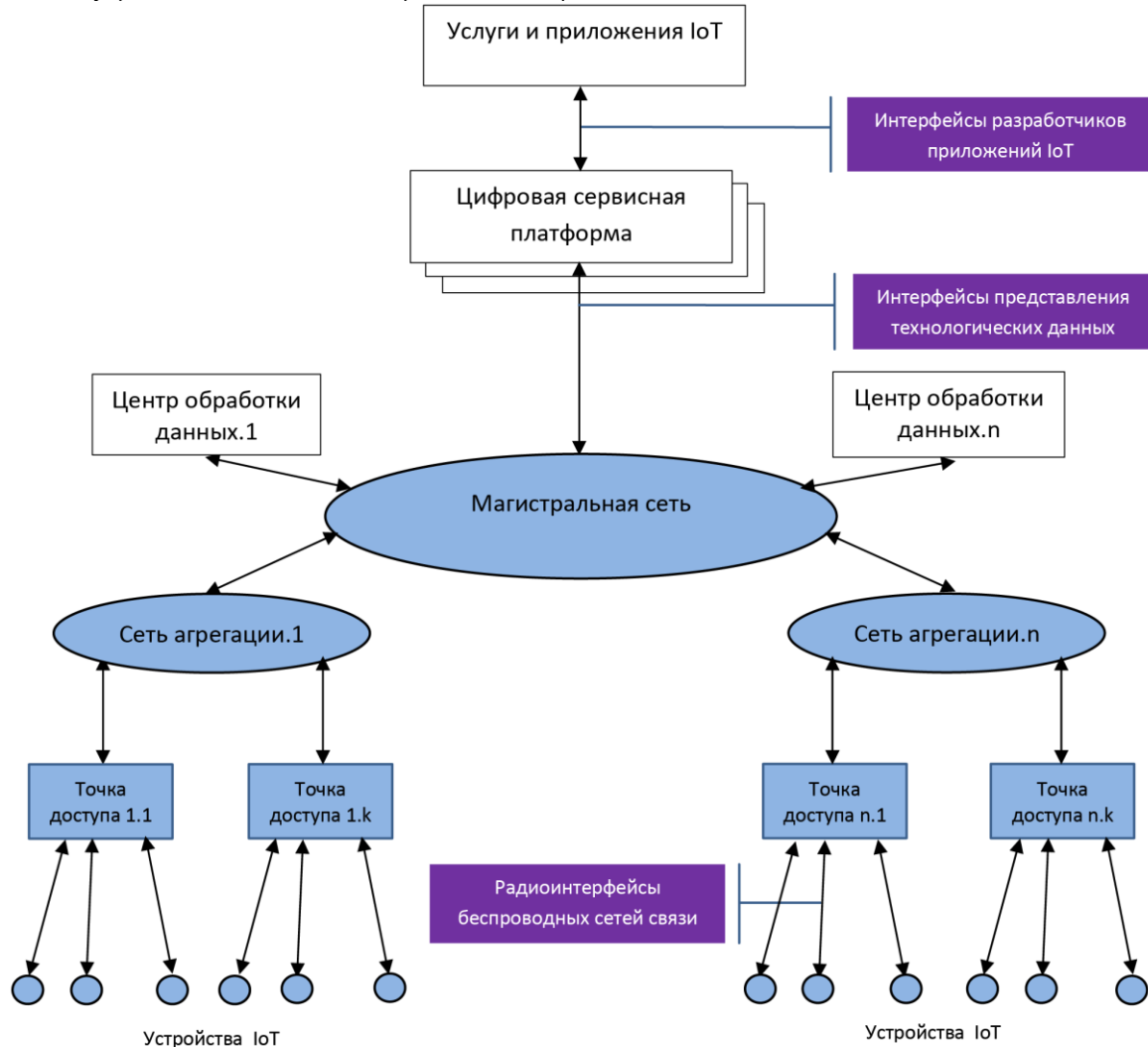


Рис. 2. Типовая архитектура беспроводных сетей LPWAN IoT

В соответствии с разработанной в Минсвязи РФ Концепцией построения и развития беспроводных сетей Интернета вещей, для эффективного регулирования и создания открытой экосистемы IoT целесообразно определить только ключевые международные стандарты общих протоколов и интерфейсов.

При этом, в предлагаемой типовой архитектуре реализация отдельных уровней может быть предоставлена различным организациям. Более того, может существовать большое количество различных технических реализаций стека протоколов от оконечных устройств IoT до пользователя услуги IoT. А отсутствие открытых и доступных для всех стандартов создает ситуацию жесткой привязки клиентов IoT-услуг к поставщикам платформ и сервисов, что может создавать серьезные риски в будущем.

Важную роль в согласованном и взаимоувязанном развитии экосистемы IoT будут играть цифровые сервисные платформы, обеспечивающие взаимодействие приложений пользователя с цифровыми данными и объектами Интернета вещей. *Цифровой объект* – общепринятая структура данных, состоящая из одного или нескольких элементов (название, уникальный идентификатор и атрибуты, описывающие его свойства), благодаря которой обеспечивается функциональная совместимость между гетерогенными информационными системами в интернете. Согласно Концепции *архитектуры цифровых объектов (Digital Object Architecture, DOA)* предусматривается, что каждый объект обладает набором признаков, определяющих его сущность и, благодаря этому, выделяющих его из множества других. Это позволяет выполнять распознавание объекта по его свойствам; группирование объектов и т.д. С другой стороны, цифровой объект представляет собой данные, которые не зависят от платформы. Например, использование идентификации на базе DOA позволит учитывать все существующие уникальные идентификаторы (например, MAC, IMEI, ID, IPv4/IPv6 и др.), обеспечив универсальную идентификацию устройств и приложений Интернета вещей.

Страны Евросоюза, США, Китай, другие развитые страны, а также технологические компании и международные организации (МСЭ-Т, OneM2M, ETSI, CEN/ISO, IEEE и IETF) ведут работу по созданию международных стандартов для IoT для обеспечения совместимости между различными уровнями типовой архитектуры, а также между различными сервисными платформами для исключения фрагментации всей экосистемы IoT.

### **Технологии и основные характеристики беспроводных сетей IoT**

Доля узкополосных беспроводных сетей связи IoT ориентировочно составляет 20% рынка беспроводных технологий Интернета вещей. Тем не менее, данный тип сетей предполагается использовать для подключения устройств IoT во многих отраслях экономики для широкого ряда применений, которые будет затруднительно или невозможно реализовать с использованием других типов беспроводной связи.

Технологии LPWAN можно условно разделить на категории – а) интегрированные в существующие стандарты сотовой связи; б) на базе специализированных операторских сетей.

- EC-GSM;
- LTE-eMTC;
- NB-IoT;
- LoRaWAN;
- сверхузкополосные сети (UNB) – Sigfox, Weightless, Ingenu, XNB/Глонасс-ТМ, NB-Fi, GoodWan.

Предложения по радиочастотному обеспечению узкополосных беспроводных сетей связи IoT следует различать для полос радиочастот, используемых *в общем и упрощенном порядке*, т.е. лицензируемых или нелицензируемых.

Узкополосные беспроводные сети связи IoT в полосах радиочастот, используемых в общем порядке, представлены тремя стандартами: EC-GSM, LTE-eMTC и NB-IoT. Фактически, эти три технологии представляют собой развитие существующих стандартов сотовой подвижной связи, эволюционирующих для удовлетворения потребностей в подключении маломощных устройств и имеющих ограниченные потребности в пропускной способности. Но если LTE-M и EC-GSM-IoT предусматривают максимальную совместимость с инфраструктурой, уже имеющейся у операторов сотовой связи, и могут быть развернуты путем обновления ПО на существующих сетях LTE и GSM, то NB-IoT – это относительно новое направление развития решений для IoT в рамках консорциума 3GPP, хотя оно и предусматривает тесное взаимодействие и интеграцию с LTE. Переработка протоколов канального уровня в NB-IoT позволила существенно снизить стоимость соответствующих устройств NB-IoT по сравнению с устройствами LTE. Многие известные производители, включая Ericsson, Huawei, Nokia, Intel и Qualcomm, уже заявили о поддержке технологии NB-IoT в своих продуктах. Особенностью узкополосных беспроводных сетей связи IoT в полосах радиочастот, используемых в общем порядке, является возможность работы в предсказуемой помеховой ситуации, гарантия предсказуемой задержки и обеспечение более надежного покрытия.

Технология LoRa была представлена в начале 2015 года компанией Semtech и исследовательским центром IBM Research. Она опирается на метод модуляции LoRa, обеспечивающий высокую устойчивость связи на больших расстояниях, а также на открытый сетевой протокол LoRaWAN. LoRa определяет физический уровень сети радиодоступа, которая может иметь различную топологию: ячеистую (mesh), звезда, «точка — точка» и др. Зона охвата одного узла в сети LoRaWAN составляет около 20 км. Развитием технологии LoRaWAN занимается некоммерческая организация LoRa Alliance (с участием компаний IBM, Semtech, Cisco, Actility и др.). Альянс представил программу сертификации для обеспечения гарантированной совместимости оборудования LoRa разных производителей, что является конкурентным преимуществом.

Сверхузкополосные сети UNB на территории РФ реализуются большей частью с использованием отечественного оборудования с применением протокола XNB, разработанного российскими специалистами. Данный протокол позволяет более эффективно использовать частотный ресурс, обеспечить масштабируемость на определенной территории без потери надежности доставки сообщений и может успешно использоваться в системах мониторинга. Протокол XNB имеет высокую проникающую способность. Технология гораздо лучше подходит для построения ведомственной технологической сети, учитывая возможность реализации независимой защищенной от внешних кибернетических атак сети. Другие технологии UNB в России широко не представлены: Sigfox – французская компания, LPWAN-оператор, занимается развертыванием LPWAN-сети в Европе; Ingenu – американская компания, использующая свой собственный LPWAN-протокол RPMA (Random Phase Multiple Access); Weightless и т.д. Обобщенные параметры технологий LPWAN представлены в таблице 1.

**Таблица 1. Основные параметры узкополосных беспроводных сетей связи LPWAN IoT**

Характеристики	EC-GSM	LTE-eMTC	NB-IoT	LoRaWAN	UNB
Востребованные диапазоны радиочастот	900, 1800 МГц	Диапазоны LTE	Диапазоны LTE, в том числе 450, 800, 900, 1800, 2100, 2600 (FDD)	433, 863-870 МГц	863-865 МГц 874-876 МГц
Количество диапазонов в устройстве	1 или 2	Несколько	Многодиапазонные чипы	Несколько	Несколько
Ширина радиочастотного канала	200 кГц	Задействуется 6 ресурсных блоков (1,08 МГц) в канале 5 МГц и шире	180 кГц	Ширина спектра 125 кГц ширина канала 200 кГц	Ширина спектра 100-1000 Гц, большое число каналов, ширина канала до 10кГц
Скорость передачи данных	70 или 240 кбит/с (GMSK или 8PSK)	1000 кбит/с	144 кбит/с - 200 кбит/с	300 бит/с - 50 кбит/с	100 бит/с - 10 кбит/с
Бюджет радиoliniи	До 154-164 дБ	До 159 дБ	До 164 дБ	До 168 дБ	До 178 дБ
Задержка	Секунды	Миллисекунды	Секунды	Секунды	Секунды

Согласно Решению ГКРЧ от 30 ноября 2018 года, сети LPWAN для *Федеральной системы транспортной телематики (ФСТТ)* должны функционировать на основе *радиочастотного диапазона 863-865/874-876 МГц*, а также могут использовать: на локальных объектах радиочастотный ресурс в полосах, выделенных для применения неспециализированных устройств малого радиуса действия: 433,92 МГц и 149,975-150,05 МГц, 866-868 МГц, 868,7 – 869,2 МГц и др.; выделенный для целей построения сети сбора, обработки и передачи телематической информации по технологии NB-IoT радиочастотный ресурс в диапазонах 1800 МГц.

Важно также отметить, что в соответствии с п.22 приложения к Перечню радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств, подлежащих регистрации, утвержденному постановлением Правительства Российской Федерации от 12.10.2004 г. № 539 (в ред. Постановления Правительства Российской Федерации от 22.12.2018 № 1633), неспециализированные (любого назначения) устройства в полосах радиочастот 864-865 МГц и 868,7- 869,2 МГц с максимальной эффективной излучаемой мощностью 25 мВт относятся к категориям радиоэлектронных средств, регистрация которых не требуется.

#### **Пилотные проекты сетей LPWAN для транспортной инфраструктуры РФ**

В нашей стране в ближайшее время ожидается интенсивное развитие сетей LPWAN, в частности, для объектов транспортной инфраструктуры. Это утверждение подтверждается рядом опубликованных официальных документов:

- Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».
- Постановление Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 № 313 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Информационное общество».
- «Паспорт национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» (утвержден президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24.12.2018 № 16).
- Протокол заседания Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности от 25.12.2018 №1.

По имеющимся данным, с 2019г. Минтранс РФ курируются работы по *развертыванию сетей сбора телеметрической информации на приоритетных объектах транспортной инфраструктуры* в

соответствии с утвержденной дорожной картой. Пилотный проект охватывает участок транспортного коридора «Запад–Восток» Красное–Карталы на территории Российской Федерации. Железнодорожная трасса общей протяженностью более 2,5 тыс. км проходит по Смоленской, Московской, Рязанской, Ульяновской, Самарской, Оренбургской, Челябинской областям, республикам Мордовия и Башкортостан.

Под *объектами транспортной инфраструктуры (ТИ)* понимается технологический комплекс, включающий в себя: железнодорожные, автомобильные вокзалы и станции, метрополитены, тоннели, эстакады, мосты, морские терминалы, акватории морских портов, порты во внутренних водах, аэродромы, аэропорты, объекты систем связи, навигации и управления движением транспортных средств, участки автомобильных дорог, железнодорожных и внутренних водных путей (Федеральный закон "О транспортной безопасности" от 09.02.2007 № 16-ФЗ).

*Телеметрическая информация* собирается специализированными цифровыми датчиками, измеряющими требуемый параметр. Основная задача – сбор, обработка и анализ телеметрических данных по всем отраслям и предприятиям железнодорожного транспорта, обеспечение мониторинга таких параметров, как состояние транспортной сети, состояние транспортных средств, состояние персонала, состояние перевозимых грузов.

В соответствии с утвержденной в Минкомсвязи РФ Концепцией развития сетей узкополосной связи по технологии LPWAN для сбора телеметрической информации на транспортной инфраструктуре проектируемая Федеральная сеть на участке транспортного коридора «Запад-Восток» является составной частью единой информационной телекоммуникационной среды (ЕИТС) транспортного комплекса Российской Федерации. В ЕИТС должны включаться и все цифровые платформы (АО «РЖД»), региональные и объектовые) с целью эффективной реализации мультимодальных пассажирских и грузовых перевозок, работы транспортно-логистических узлов, повышения эффективности и безопасности транспортной системы в целом, обеспечения взаимодействия информационных систем.

Проектируемая Федеральная сеть транспортной телематики ж.д. позволит осуществлять:

- контроль целостности подвижного состава;
- мониторинг физического состояния машиниста;
- отслеживание состояния и параметров устройств автоматики;
- контроль состояния искусственных сооружений (путей, мостов, дорог, зданий и др.);
- мониторинг движения участков поверхности земли в сейсмически опасных районах;
- выявление предаварийных и аварийных ситуаций, предотвращение катастроф;
- проведение экологического и метеорологического мониторинга;
- мониторинг доступа к технологическому оборудованию, кабельной канализации и т.д.;
- контроль за расходом материальных ресурсов (тепла, электричества, топлива и пр.);
- дополнительную автоматизацию управления движением ТС;
- контроль состояния и перемещения грузов с помощью использования электронных пломб (ЭП).

В системном решении, разработанном в соответствии с представленной выше типовой архитектурой (см. рис. 2), можно выделить следующие моменты:

1. Сеть доступа базируется на применении протокола XNB (полностью соответствует решению ГКРЧ РФ от 30.11.2018г.) и обеспечивает радиопокрытие заданной территории осуществления сбора информации от беспроводных датчиков.
2. Опорная сеть подразделяется на трехсегментную сеть агрегации и магистральную сеть. Основная функция сети агрегации – сбор трафика от сетей доступа сегмента сети и передача его в магистральную сеть. Также сеть агрегации осуществляет передачу команд от локального центра управления. Основная функция магистральной сети – сбор и передача трафика от региональных сетей агрегации.
3. Единые интерфейсы опорной сети позволяют подключать сегменты иных сетей радиодоступа, региональных и объектовых. На всех уровнях сети сбора телеметрической информации допускается взаимодействие с внешними системами IoT.
4. Основным элементом структуры сети LPWAN является точка доступа – *базовая станция (БС)*. В соответствии с проведенным частотным планированием количество БС – менее 200, пропускная способность канала связи базовой станции LPWAN – 300 кбит/с. В состав базовой станции входит приёмно-передающее оборудование с антенно-фидерным трактом (применяются две панельные антенны), коммутационное оборудование, оборудование сети агрегации и оборудование инженерно-технического обеспечения. Подключение БС к сети возможно двумя способами: с использованием существующей СПД РЖД и – резервный – с использованием сетей сотовых операторов (радиоблок БС содержит встроенный 3G/4G модем). В зависимости от удаленности опоры с БС от помещения связевой, применяются способы организации связи либо по медным, либо (при длине трассы более 80-90м) по оптическим кабельным линиям.
5. *Центр обработки данных (ЦОД)* обеспечивает централизованное хранение и обработку информации, поступающей с базовых станций сети LPWAN, для передачи их через цифровые платформы пользовательским приложениям IoT. В состав ЦОД входят три региональных серверных комплекса, включая серверы обработки данных, серверы управления и мониторинга и телекоммуникационное оборудование.

6. Электроснабжение базовых станций и центров обработки данных выполняется по существующей категории надёжности, с применением источников бесперебойного питания с аккумуляторными батареями расчетной емкости. В каждом региональном ЦОД предусматривается горячее резервирование всего комплекта оборудования.
7. Для обеспечения информационной безопасности при взаимодействии устройств в сетях LPWAN осуществляется аутентификация устройств и создается защищенный канал с использованием криптографических средств.
8. Система мониторинга и управления выполняет функции удаленного управления и конфигурирования сетевого оборудования; анализа и визуализации статистики работы сети с возможностью хранения в базе данных; администрирования пользователей с возможностью установки различных прав доступа.

Фаза проектирования была успешно завершена в конце 2019г. В 2020-21 гг. планируется поэтапная реализация данного проекта LPWAN на отдельных участках железных дорог.  
28.04.2020

Кононенко Александр Александрович ([aak@k-consulting.ru](mailto:aak@k-consulting.ru))

**Ключевые слова**

логистика, компьютерное зрение, беспилотные автомобили, умные дома, умные города

**Alexander Kononenko, Internet of things communication networks. Start of strategic projects**

**Keywords**

logistics, computer vision, driverless cars, smart homes, smart cities.

..

**DOI:** 10.34706/DE-2020-02-07

**JEL classification:** D83 Search, Learning, and Information, D85 Network Formation and Analysis

**Abstract**

This review offers a generalized point of view on the modern Internet, the typical model and architecture, digital objects and digital IOT service platforms, applied technologies of narrow-band wireless networks, frequency resolutions and restrictions. The article discusses the features of LAN networks, in particular, for Federal transport telematics networks, and also describes a specific project for their development and application for the transport complex of the Russian Federation.

## 4. МНЕНИЯ

### 4.1. ОЦЕНКА КРИПТОАКТИВОВ В РОССИЙСКИХ УСЛОВИЯХ НА ПРИМЕРЕ ОЦЕНКИ РЫНОЧНОЙ СТОИМОСТИ BTC И ETH

Козырь В.Ю. – старший инженер ЦЭМИ РАН, помощник оценщика

В статье рассмотрен практический способ оценки криптоактивов с использованием сравнительного подхода.

#### Введение

В последние годы в нашу жизнь вошло множество новых понятий и среди них – криптоактивы. В этой связи возникают вопросы их стоимостной оценки. В настоящей статье рассмотрен один из способов оценки криптоактивов, основанный на личном опыте автора в проведении сделок с криптовалютой и майнинге.

Согласно статье 2 проекта Федерального закона № 419059-7 "О цифровых финансовых активах", под цифровым финансовым активом понимаются цифровые аналоги долговых расписок, облигаций и прав участия в капитале, то есть токены, а под криптовалютой – вид цифрового финансового актива, создаваемый и учитываемый в распределенном реестре цифровых транзакций участниками этого реестра в соответствии с правилами ведения реестра цифровых транзакций.

Криптоактивы можно подразделить на два основных класса – это *коины* (монеты) и *токены*.

*Коин* (*Coin*) – это виртуальная монета, которую как раз и называют криптовалютой. Используется в качестве цифровых денег с возможностью приобретения товаров и услуг, а также иных расчетов напрямую между пользователями, без посредников. Технически, такая криптовалюта обязательно имеет свой собственный блокчейн.

*Токен* – (*Token*) – это виртуальный жетон, своеобразный цифровой актив. Он может играть роль и виртуальных денег, поскольку обладает определенной ценностью, но основное его назначение – предоставление определенных прав или услуг. Токены своего блокчейна не имеют, и их использование основывается на функционале других платформ.

Если коин – это криптовалюта, аналог цифровых денег, которые предоставляются за реальные (фиатные) деньги, то токены приобретаются как доступ к определенным услугам. Для сравнения наиболее характерен аналог с рублями и жетонами в метро.

Для продажи криптоактивов могут быть использованы разные инструменты, начиная от криптовалютных и традиционных бирж, заканчивая простым взаимодействием человека с человеком без посредников (p2p). В рамках статьи был рассмотрен усредненный вариант – так называемые криптообменники (далее – обменники). Это организации, которые проводят всесторонние сделки с криптовалютой. В отличие от p2p сделок, это уже более организованный, устойчивый и законный формат. Именно стоимость предложений обменников, вместо биржевых котировок, автор предлагает считать «рыночной». На это есть несколько причин:

- крупные сделки никогда не выставляются одним лотом по одной цене;
- биржевые сделки не записываются в блокчейн, сделка считается подтвержденной, только при выводе средств с биржи;
- многие криптобиржи фальсифицируют объемы торгов<sup>1</sup>;
- избыток различных криптобирж, различие в котировках и высокий риск банкротства.

Однако базы данных с ретроспективными ценами предложений обменников на данный момент нет. Поэтому предлагается рассмотреть следующий ниже метод оценки криптоактивов.

#### Метод оценки

Рассмотрим возможный способ оценки криптоактивов, на примере криптовалюты (коинов). Возьмем гипотетический портфель из двух самых распространенных в мире крипто-монет в размере 1 биткойна и 1 эфириума. Такой портфель был выбран для наглядности и простоты как расчетов, так и поиска информации. Сам метод оценки рыночной стоимости таких распространенных монет в теории довольно прост:

- 1) Находим котировки монеты на нужную нам дату.

---

<sup>1</sup> <https://www.rbc.ru/crypto/news/5d88a0c29a79475b3129d5dc>

- 2) Затем, берем котировки этой же монеты на сегодня и сравниваем ее с ценой предложения в обменнике. Так мы получим коэффициент перевода из оценочной стоимости одной монеты в реальную стоимость с поправкой (скидкой) на обмен.
- 3) Теперь нам нужно узнать итоговую рыночную стоимость конкретного портфеля. Если портфель довольно небольшой, то для того чтобы вычислить его конечную стоимость, достаточно перемножить полученную в процессе оценки рыночную стоимость одной монеты на количество этих монет в портфеле. Однако если портфель достаточно крупный и разнообразный, то учитывая высокую волатильность данных видов активов и довольно редкие случаи крупных сделок, точно оценить рыночную стоимость становится практически невозможным.

#### Процесс оценки

Предположим, что нам нужно оценить наш портфель на две даты: 15 ноября 2017 и 15 марта 2019. Применим указанный выше алгоритм оценки.

- 1) Находим котировку монет на нужные нам даты в рублях:

**Таблица 1.** Стоимость монет на даты оценки по данным авторитетного ресурса coinmarketcap

Монета	Цена 15 ноября 2017, руб.	Цена 15 марта 2019, руб.	Источник
BTC	487064	288049	<a href="https://coinmarketcap.com/ru/currencies/bitcoin/">https://coinmarketcap.com/ru/currencies/bitcoin/</a>
ETH	24782,11	9814,43	<a href="https://coinmarketcap.com/ru/currencies/ethereum/">https://coinmarketcap.com/ru/currencies/ethereum/</a>

- 2) Сравниваем разницу между текущей ценой монеты на сегодня по данным coinmarketcap и 5-10 реальными предложениями:

Сначала сравним стоимость биткоина. Для выбора предложений по обмену биткоина стоит выбрать один банк, на который мы хотим получить перевод и отсортировать предложения обменников по их максимальному резерву денег в этом банке.

Еще один важный момент: ввиду высокой волатильности монет для большей точности лучше не затягивать с формированием таблиц по приведенному ниже образцу.

**Таблица 2.** Сравнение стоимости BTC с ценами предложений обменников

BTC	Цена, руб.	Источник
Текущая цена на 10.05.20 по данным coinmarketcap	653838	<a href="https://coinmarketcap.com/ru/">https://coinmarketcap.com/ru/</a>
Предложение 1	553608	<a href="https://www.bestchange.ru/bitcoin-to-sberbank.html">https://www.bestchange.ru/bitcoin-to-sberbank.html</a>
Предложение 2	563534	<a href="https://www.bestchange.ru/bitcoin-to-sberbank.html">https://www.bestchange.ru/bitcoin-to-sberbank.html</a>
Предложение 3	584935	<a href="https://www.bestchange.ru/bitcoin-to-sberbank.html">https://www.bestchange.ru/bitcoin-to-sberbank.html</a>
Предложение 4	603801	<a href="https://www.bestchange.ru/bitcoin-to-sberbank.html">https://www.bestchange.ru/bitcoin-to-sberbank.html</a>
Предложение 5	601285	<a href="https://www.bestchange.ru/bitcoin-to-sberbank.html">https://www.bestchange.ru/bitcoin-to-sberbank.html</a>
Средняя цена предложения, руб.	581432,6	
Скидка за обмен	11,1%	

То же самое повторяем и с эфириумом.

**Таблица 3.** Сравнение стоимости ETH с ценами предложений обменников

ETH	Цена, руб.	Источник
Текущая цена на 10.05.20 по данным coinmarketcap	14558,86	<a href="https://coinmarketcap.com/ru/">https://coinmarketcap.com/ru/</a>
Предложение 1	12983,94	<a href="https://www.bestchange.ru/ethereum-to-sberbank.html">https://www.bestchange.ru/ethereum-to-sberbank.html</a>
Предложение 2	12497,92	<a href="https://www.bestchange.ru/ethereum-to-sberbank.html">https://www.bestchange.ru/ethereum-to-sberbank.html</a>
Предложение 3	13265,63	<a href="https://www.bestchange.ru/ethereum-to-sberbank.html">https://www.bestchange.ru/ethereum-to-sberbank.html</a>
Предложение 4	13470,1	<a href="https://www.bestchange.ru/ethereum-to-sberbank.html">https://www.bestchange.ru/ethereum-to-sberbank.html</a>
Предложение 5	13508,76	<a href="https://www.bestchange.ru/ethereum-to-sberbank.html">https://www.bestchange.ru/ethereum-to-sberbank.html</a>
Средняя цена предложения, руб.	13145,27	
Скидка за обмен	9,7%	

В итоге мы получаем скидку за обмен, равную 11,1% и 9,7% для биткоина и эфириума, соответственно. Применив эту скидку, мы получим реальную рыночную стоимость одной монеты.



**Таблица 5.** Расчет стоимости монет на даты оценки, с учетом поправки (скидки) на обмен

	<b>BTC</b>	<b>ETH</b>
<b>Цена 15 ноября 2017, руб.</b>	487064	24782,11
<b>Цена 15 марта 2019, руб.</b>	288049	9814,43
Скидка за обмен	<b>11,1%</b>	<b>9,7%</b>
Рыночная стоимость 1 монеты, руб.:		
- 15 ноября 2017	433000	22378,25
- 15 марта 2019	256076	8862,43

3) Считаю итоговую рыночную стоимость нашего портфеля на даты оценки.  
Итоговая рыночная стоимость портфеля, состоящего из 1 биткоина и 1 эфириума на 15.11.17 и на 15.03.19

**Таблица 6.** Итоговая стоимость оцениваемого портфеля на даты оценки

	<b>15 ноября 2017</b>	<b>15 марта 2019</b>
Итого, руб. (округленно)	455 000	265 000

Но что если у нас не 1 и не 2 монеты, а, например, 1000 или 100 000? В теории это не должно повлиять на рыночную стоимость монет, если рынок находится в фазе роста. Но если рынок падает, то было бы логично, что больший объем обесцениваемых активов продать по той же стоимости в рамках одной сделки – невозможно. Для решения этой проблемы напрашивается новая поправка – поправка на объем. И здесь появляются новые проблемы:

- 1) во-первых, нет достаточного объема открытых данных по суммам сделок. Невозможно хотя бы приблизительно оценить реальную разницу в стоимости 1 монеты в транзакциях разного объема;
- 2) во-вторых, непонятно, при каком объеме монет стоит применять поправку на объем;
- 3) в-третьих, сложно оценить общий тренд рынка во время стагнации, с учетом высокой волатильности рынка в целом;
- 4) Каждая сделка с большим объемом монет уникальна, и ее реальная стоимость будет зависеть от исхода переговоров двух сторон. А это не поддается никаким вычислениям.

Во время подготовки статьи был проведен небольшой опрос среди обменников, чтобы узнать, зависит ли стоимость 1 монеты от объема монет. Но, как ни странно, такой зависимости у российских обменников не обнаружилось.

Поэтому, ввиду нехватки данных и по результатам опроса, на данный момент поправку на объем можно игнорировать. Как итог, для того чтобы рассчитать стоимость определенного количества монет, достаточно узнать стоимость одной монеты и умножить на оцениваемое количество.

### **Заключение**

Большинство так называемых «криптоактивов» сами по себе не несут в себе практической ценности. Их единственная ценность – спекулятивная. Все они несут высокие риски и обладают высокой волатильностью.

Оценка токенов – сравнима с оценкой стартапов ранних стадий, где главную роль играют рынок, команда основателей и субъективное мнение инвесторов.

По мнению автора, топ 5-10 по капитализации монет – это то, что еще можно оценивать, т.е. то, что имеет ценность в технологическом и идеологическом смысле, а также привлекает внимание большого количества новичков рынка и неопытных инвесторов. Все, что за пределами этого списка – оценивать бессмысленно, так как частные сделки довольно редки и весьма субъективны, а биржевые сделки в большинстве своем чисто спекулятивны.

Оценивать криптоактивы затратным подходом – дело неблагодарное, так как их стоимость по большому счету зависит от заинтересованности рынка и никак не связана с затратами на майнинг. Майнинг – это отдельный вид бизнеса. К тому же, не в каждом блокчейне возможно посчитать затраты на майнинг<sup>2</sup>.

Доходный подход также неприменим в случае оценки криптовалют, потому что невозможно предсказать ни будущий тренд рынка, ни денежные потоки. Однако его можно использовать при оценке токенов.

Единственный подход, позволяющий корректно оценивать рыночную стоимость популярных монет и токенов – это сравнительный (рыночный) подход.

В данной статье был показан один из возможных способов оценки криптовалют с использованием сравнительного подхода. В будущем, когда накопится достаточное количество открытых данных о сделках, можно будет сделать вывод о том, насколько достоверным был данный метод.

<sup>2</sup> Более подробно можно узнать, изучив принципы работы протоколов Proof of Work (PoW) и Proof of Stake (PoS).

**Использованные ресурсы:**

1. <https://coinmarketcap.com>
2. <https://www.bestchange.ru>
3. <https://altwiki.ru>
4. <https://www.rbc.ru>

*Автор: Козырь Владислав Юрьевич – старший инженер ЦЭМИ РАН, помощник оценщика.  
Author: Vladislav Kozyr, senior engineer CEMI RAS, assistant of appraiser.*

**Ключевые слова**

криптоактив, блокчейн, токен, коин

***Vladislav Kozyr, Evaluation of crypto assets in Russian conditions on the example of the market value of BTC and ETH***

**Keywords**

cryptoasset, blockchain, token, coin

**DOI:** 10.34706/DE-2020-02-08

**JEL classification:** E 47 – Money and Interest Rates: Forecasting and Simulation,

**Abstract**

*The paper considers a practical way to evaluate crypto assets using a market approach.*

## 4.2. СБОР БИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ: ИНСТРУМЕНТ ТОТАЛЬНОЙ СЛЕЖКИ ИЛИ СРЕДСТВО ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЗАКОННОЙ ЦЕЛИ?

Луценко С. И.

Эксперт НИИ Корпоративного и проектного управления (г. Москва).  
Аналитик Института экономических стратегий Отделения общественных наук  
Российской академии наук,

*Автор рассматривает особенности сбора данных о гражданах России со стороны государственных органов, Банка России. Насколько правомерными являются их действия в отношении реализации проекта Единой биометрической системы? Внедрение Единой биометрической системы подразумевает соразмерность в отношении достижения законной цели. В противном случае существует правовой риск стигматизации добросовестной категории граждан.*

В пояснительной записке к проекту Федерального закона «О внесении изменений в Федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» [10] отмечается необходимость создания Единой биометрической системы (далее – ЕБС).

Обоснованием внедрения ЕБС является сложившаяся в Российской Федерации ситуация, связанная с распространением новой коронавирусной инфекции (2019-nCoV).

Существует потребность в создании равных возможностей для граждан Российской Федерации в отношении доступности услуг и сервисов в части обеспечения полностью удаленного взаимодействия сторон различных отношений.

В целях максимального расширения количества субъектов, которые смогут получать услуги дистанционно, полагаем необходимым ускорить сбор биометрических персональных данных и их размещение в ЕБС. Данную задачу можно решить, в том числе путем самостоятельной регистрации физическими лицами своих биометрических персональных данных в указанной системе.

Законопроектом № 946734-7 устанавливается право физических лиц в порядке, установленном федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим регулирование в сфере идентификации физических лиц на основе биометрических персональных данных, с применением мобильного телефона, смартфона, планшетного или персонального компьютера, осуществлять размещение в единой биометрической системе своих биометрических персональных данных. Такое размещение осуществляется физическим лицом с использованием программного обеспечения для технического устройства (мобильного телефона, смартфона, планшетного или персонального компьютера), предназначенного для обработки биометрических персональных данных, предоставляемого оператором единой биометрической системы.

Кроме того, отмечается, что использование единой биометрической системы с применением указанных выше биометрических персональных данных государственными органами, банками и иными организациями будет допускаться в случаях, определенных Правительством Российской Федерации по согласованию с Центральным банком Российской Федерации, а также на основании договора с оператором Единой биометрической системы. Положениями законопроекта также устанавливается право государственных органов, банков и иных организаций, осуществляющих сбор и обработку в своих информационных системах биометрических персональных данных, по согласию физического лица размещать указанные биометрические персональные данные в единой биометрической системе в порядке, установленном пунктом 1 части 13 статьи 14.1 Федерального закона «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» [12].

В другом проекте федерального закона «О едином федеральном информационном ресурсе, содержащем сведения о населении Российской Федерации» [9], предлагается создать систему учета сведений о населении, обеспечивающую их достоверность и непротиворечивость (21.05.2020 данный законопроект был направлен в Совет Федерации и 08.06.2020 был подписан Президентом РФ (Федеральный закон от 08.06.2020 № 168-ФЗ)).

Сведения об одном физическом лице, включаемые в федеральный ресурс о населении, образуют одну запись федерального ресурса о населении, которая подписывается усиленной квалифицированной электронной подписью уполномоченного органа.

Оператор федеральной информационной системы обеспечивает защиту сведений, содержащихся в федеральной информационной системе, в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации об информации, информационных технологиях и о защите информации и законодательства Российской Федерации в области персональных данных.

Создание федерального ресурса о населении позволит: повысить оперативность и качество принимаемых решений в сфере государственного и муниципального управления; обеспечить достоверность и актуальность информации о населении; сократить сроки оказания государственных и муниципальных

услуг и исполнения государственных и муниципальных функций; обеспечить переход на качественно новый уровень расчета и начисления налогов на доходы физических лиц; повысить эффективность реализации государственной политики, решения вопросов социально-экономического развития, составления и реализации государственных и муниципальных программ, бюджетов бюджетной системы Российской Федерации; обеспечить повышение эффективности борьбы с правонарушениями, сокращение числа мошеннических действий при получении мер социальной поддержки и уплаты налогов, сборов и других обязательных платежей, повышение собираемости платежей в бюджеты бюджетной системы Российской Федерации [9].

Очевидно, возникает вопрос о необходимости и соразмерности сбора биометрических данных о гражданах. Не превратится ли подобная инициатива законодателя в тотальный контроль над населением или, проще говоря, в инструмент тотальной слежки, который приведет к нарушению принципа пропорциональности и права человека на неприкосновенность личной жизни?

В этой связи интересным представляется правовая позиция Конституционного Суда Республики Беларусь, который в своем решении учитывает права граждан через религиозную составляющую.

В частности, отмечается, что необходимо приложить все усилия, чтобы развитие законодательства и административной практики в сфере идентификации граждан не ущемляло их вероисповедной и мировоззренческой свободы.

Конституционный Суд Республики Беларусь [11] ссылается на обращение Священного Синода Русской Православной Церкви от 6 октября 2005 г. к органам власти стран Содружества Независимых Государств и Балтии, в котором, в свою очередь, отмечается, что нет ничего греховного в использовании для учета граждан, для обеспечения безопасности человека и общества – последних технических достижений, в том числе электронных средств, лишь развивающих уже привычные методы. Так, описания и изображения человеческого лица и тела использовались в целях безопасности еще в древние века. Совершенствование способов их записи не несет в себе ничего принципиально нового. Однако, как считает Синод, наряду с техническими преимуществами, создание и объединение массивов личной информации, а также развитие электронных средств опознания личности таит в себе немало опасностей. Возрастает зависимость человека от неизбежных технических сбоев, ошибок, халатности персонала или вмешательства злоумышленников. Не исключена возможность централизованного сбора сведений о частной жизни граждан и об их убеждениях. Это создает угрозу правам и свободе личности, делает возможным тотальный контроль за жизнью человека, в том числе за его мировоззрением. Такое развитие событий усиливает опасность предвзятого отношения к человеку на основании его религиозных, политических или иных взглядов. Главное – не допустить, чтобы люди, по многим причинам отказывающиеся от участия в новой идентификационной системе, были отнесены на обочину жизни, существенно поражены в правах, подвергнуты дискриминации при приеме на работу, распределении социальной помощи и т.д. Для таких граждан должна быть предусмотрена альтернатива, позволяющая полноценно жить в обществе, не препятствующая осуществлению их прав и свобод, пользованию законными льготами независимо от тех или иных форм идентификации личности [11].

Как отмечается в «Докладе Верховного комиссара Организации Объединенных Наций по правам человека. Право на неприкосновенность частной жизни в цифровой век» [1], государства и предприятия все чаще внедряют системы, предусматривающие сбор и использование биометрических данных, таких как ДНК, лицевая геометрия, голос, узор сетчатки и радужной оболочки глаза и отпечатки пальцев. Некоторые страны создали огромные централизованные базы данных для хранения такой информации в разных целях – от целей национальной безопасности и уголовных расследований до поиска лиц при необходимости получения основных услуг, таких как социальные и финансовые услуги и образование.

Создание массовых баз биометрических данных вызывает серьезную озабоченность в области прав человека. Такие данные носят особенно конфиденциальный характер, поскольку они по определению неразрывно связаны с конкретным лицом и его жизнью и могут подвергаться серьезным злоупотреблениям. Например, крайне трудно компенсировать последствия кражи персональных биометрических данных, которая может серьезно затронуть права физического лица. Кроме того, биометрические данные могут быть использованы не для тех целей, для которых они собирались, включая незаконное отслеживание и мониторинг отдельных лиц. С учетом этих рисков при сборе биометрических данных необходимо уделять особое внимание вопросам необходимости и соразмерности.

В этой связи вызывает тревогу тот факт, что некоторые государства приступили к осуществлению масштабных проектов с использованием биометрических данных (персональные данные), не внедрив адекватных правовых и процессуальных гарантий.

В Докладе обращается внимание на обеспечении государствами систем

Далее в Докладе обращено внимание государств на необходимости соразмерности (при достижении законной цели) при внедрении систем, предусматривающие сбор и хранение биометрических (персональных) данных.

Конвенция о защите физических лиц при автоматизированной обработке персональных данных [3] (далее – Конвенция № 108) устанавливает стандарты защиты данных в сфере автоматизированной обработки персональных данных в публичном и частном секторах. Она предусматривает (статья 8), в качестве дополнительных гарантий для субъекта данных, что любому лицу должна быть предоставлена

возможность: знать о существовании автоматизированного файла персональных данных, знать его основные цели, а также название и место обычного проживания или местонахождение контролера файла; получить через разумный промежуток времени и без чрезмерной задержки или чрезмерных расходов подтверждение того, хранятся ли касающиеся его персональные данные в автоматизированном файле данных, а также получить такие данные в доступной для понимания форме; добиваться в случае необходимости исправления или уничтожения таких данных, если они подвергались обработке в нарушение норм внутреннего законодательства, воплощающего основополагающие принципы, изложенные в статьях 5 и 6 настоящей Конвенции; прибегать к средствам правовой защиты в случае невыполнения просьбы о подтверждении или в случае необходимости предоставления данных, их изменения или уничтожения, как это предусмотрено в пунктах «b» и «с» статьи 8.

Статья 9 Конвенции № 108 («Исключения и ограничения») допускает исключения из положений статей 5, 6 и 8 Конвенции только в пределах, определенных в настоящей статье: защиты безопасности государства, общественной безопасности, валютно-кредитных интересов государства или пресечения уголовных преступлений; защиты субъекта данных или прав и свобод других лиц.

Конвенция № 108 была ратифицирована Российской Федерацией 15 мая 2013 г. и вступила в силу в отношении Российской Федерации 1 сентября 2013 г. В документе о ратификации Конвенции, депонированном Российской Федерацией 15 мая 2013 г., содержится следующая оговорка:

Российская Федерация заявляет, что в соответствии с пп. «а» пункта 2 статьи 3 Конвенции – не будет применять Конвенцию к персональным данным: отнесенным к государственной тайне в порядке, установленном законодательством Российской Федерации о государственной тайне.

Российская Федерация заявляет, что в соответствии с пп. «с» пункта 2 статьи 3 Конвенции будет применять ее к персональным данным, которые не подвергаются автоматизированной обработке, если применение Конвенции соответствует характеру действий, совершаемых с персональными данными без использования средств автоматизации.

Российская Федерация заявляет, что в соответствии с пп. «а» пункта 2 статьи 9 Конвенции оставляет за собой право устанавливать ограничения права субъекта персональных данных на доступ к персональным данным о себе в целях защиты безопасности государства и общественного порядка.

Рекомендация Комитета министров о защите данных в области телекоммуникационных услуг [7], в соответствующих частях предусматривает следующее: «Вмешательство публичных органов в содержание коммуникации, включая использование средств прослушивания или записи или иных средств надзора или перехвата коммуникаций, должно осуществляться, только если оно предусмотрено законом и составляет необходимую меру в демократическом обществе в интересах: а) защиты государственной безопасности, общественного порядка, денежных интересов государства или подавления преступлений; б) защиты субъекта данных или прав и свобод других лиц.

В случае вмешательства публичных органов в содержание коммуникации национальное законодательство должно регулировать: а) осуществление права субъекта данных на доступ и исправление; б) при каких обстоятельствах компетентные публичные органы имеют право отказывать в предоставлении информации заинтересованному лицу или откладывать ее предоставление; с) хранение или уничтожение таких данных.

Федеральный закон «О персональных данных» [12], принятый в целях обеспечения защиты прав и свобод человека и гражданина при обработке его персональных данных, в том числе защиты прав на неприкосновенность частной жизни, личную и семейную тайну, устанавливает принципы и условия обработки персональных данных (глава 2). В силу статьи 5 данного Федерального закона такая обработка должна ограничиваться достижением конкретных, заранее определенных и законных целей; не допускается обработка персональных данных, несовместимая с целями сбора персональных данных; обработке подлежат только персональные данные, которые отвечают целям их обработки; содержание и объем обрабатываемых персональных данных должны соответствовать заявленным целям обработки; обрабатываемые персональные данные не должны быть избыточными по отношению к заявленным целям их обработки (части 2, 4 и 5).

Из системного толкования норм Федерального закона «О персональных данных» следует, что сбор, обработка, передача, распространение персональных данных возможны только с согласия субъекта персональных данных, при этом согласие должно быть конкретным. Под персональными данными понимается любая информация, относящаяся прямо или косвенно к определенному или определяемому физическому лицу [4].

Кроме того, под базой персональных данных должен пониматься любой упорядоченный массив данных личного характера. Не имеет значения, по какому точно критерию и в какой точно форме массив собранных данных действительно упорядочен: достаточно того, что этот массив позволяет легко найти данные, относящиеся к определенному лицу, к которому приходили домой.

Другими словами, биометрические данные охватывают весь массив данных личного характера, включая фамилии и адреса, а также иную информацию, относящуюся к семейному положению, религиозным убеждениям.

Исходя из соответствующих положений статьи 24 Конституции РФ, сбор, хранение, использование и распространение информации о частной жизни лица без его согласия не допускаются.

Возникает вопрос, насколько действия государственных органов, кредитных учреждений будут разумными и пропорциональными в отношении сведений о гражданине (клиенте).

В первую очередь, речь идет о проработке вопроса, который касается технических требований к оборудованию, которое должно быть установлено операторами связи.

Существует риск того, что система сбора данных (например, с целью защиты национальной безопасности) может умалять или даже уничтожить демократические ценности под предлогом их защиты. Со стороны РФ необходимо создание адекватных и эффективных гарантий против превышения полномочий со стороны кредитных учреждений.

На сегодняшний день положения законодательства Российской Федерации «О персональных данных» не содержат адекватных и эффективных гарантий против произвола и риска превышения полномочий, которые присущи любой системе сбора данных.

Приведем небольшой пример в отношении обработки персональных данных с привязкой к получению кредита.

Банки при предоставлении кредита используют заявление-анкету со стандартным условием: «Я даю свое согласие на обработку, включая любые действия (или совокупность действий), предусмотренные Федеральным законом «О персональных данных», совершаемые с использованием средств автоматизации или без использования таких средств (сбор, запись, систематизацию, накопление, хранение, уточнение, обновление, изменение, извлечение, использование, передачу (предоставление, доступ!), в том числе трансграничную, обезличивание, блокирование, удаление, уничтожение), Банком моих персональных данных в объеме сведений, указанных в настоящем Заявлении, содержащихся в представленных мной в Банк документах, и биометрических персональных данных – моего фотоизображения, в целях проверки Банком представленной мной информации и принятия решения относительно возможности предоставления мне кредита, заключения и исполнения договоров, стороной, выгодоприобретателем или поручителем по которым я буду являться, в целях защиты прав и законных интересов Банка и в иных целях, указанных в заключенных мной с Банком договорах, а также даю согласие на поручение Банком обработки моих персональных данных иным лицам в вышеуказанных целях (в том числе, контрагентам Банка для сбора сведений и документов, необходимых для заключения с мной договоров, предоставления мне информации посредством телефонной связи, направления писем и СМС-сообщений, коллекторским агентствам и иным лицам для информирования меня о просроченной задолженности и ее взыскания).».

Из содержания данного пункта заявления следует, что банк получил согласие потребителя на передачу персональных данных неограниченному кругу лиц, поскольку ни точного наименования, ни адреса, ни иных конкретных данных организаций компаний и физических лиц, которым могут быть переданы персональные данные, в анкете и договоре не содержится.

Из текста заявления на получение кредита и содержания договоров невозможно установить наименование или фамилию, имя, отчество и адрес компаний, осуществляющих рассылку, организаций связи, компаний общества, перечень персональных данных, на обработку которых дается согласие субъекта персональных данных.

Таким образом, непоименованные лица, фактически становясь операторами либо лицами, получившими доступ к персональным данным потребителя, не становятся обязанными сохранять конфиденциальность таких данных.

Подписав данный кредитный договор и заявление на получение кредита потребитель фактически согласился с возможностью обработки их персональных данных третьими лицами, при этом банком не были учтены установленные законом специальные требования к письменному согласию субъекта персональных данных.

Тем самым, условия кредитного договора и заявление на получение кредита не охвачены самостоятельной волей и интересом граждан (потребителей), поскольку согласие потребителей, в данном случае, определено в одностороннем порядке в виде текста (типографским способом) в заявлении на получение кредита [8].

Возникает возможность, при которой российское законодательство разрешает автоматическое хранение базы данных и недостаточно четко определяет обстоятельства, при которых информация о гражданах будет храниться и уничтожаться. Эффективность средства правовой защиты умаляется отсутствием уведомления когда-либо о передаче данных или адекватного доступа к документам, касающимся передачи данных [7].

Другими словами, недопустима ситуация, при которой государство пользуется неограниченной свободой действий, подвергая людей, находящихся под его юрисдикцией, тотальному сбору информации. Тем самым, существует опасность, что такой закон может подорвать и даже уничтожить демократию под предлогом ее защиты.

То есть, система сбора данных, потенциально может охватывать всех жителей РФ (отслеживание сообщений, передаваемых по электронным средствам связи и при помощи компьютера, а также осуществление записи любых данных, полученных в результате применения методов сбора данных, могут быть рассмотрены в свете понятий «личная жизнь»), о чем граждане не будут поставлены в известность, если не будет иметь место какая-либо утечка информации. В этой степени процедура сбора биометри-

ческих данных россиян прямо затрагивает всех пользователей. Подобную ситуацию можно рассматривать как непосредственное вмешательство государства в осуществление прав, гарантированных статьей 8 «Право на уважение частной и семейной жизни» «Конвенции о защите прав человека и основных свобод» [2; 5].

Защита персональных данных имеет основополагающее значение для осуществления лицом права на уважение его личной и семейной жизни, гарантированного статьей 8 Конвенции. Соответственно, внутригосударственное законодательство должно предусматривать достаточные гарантии защиты персональных данных от использования персональных данных с нарушением гарантий, предоставляемых статьей 8 Конвенции.

Необходимость в таких гарантиях выше тогда, когда речь идет о защите информации личного характера, которая подвергается автоматизированной обработке и не в последнюю очередь тогда, когда ее используют для своих целей государственные (надзорные) органы (например, Банк России является надзорным органом с возложенными на него государственными функциями).

Внутригосударственное законодательство должно, в частности, обеспечивать, чтобы эти данные являлись достаточными и не чрезмерными для целей их хранения и хранились в форме, позволяющей установить субъектов данных, не дольше, чем это требуется для достижения целей хранения этих данных. Кроме того, внутригосударственное законодательство должно предусматривать достаточные гарантии эффективной защиты хранящихся персональных данных от ненадлежащего использования и злоупотреблений.

Особую озабоченность может вызывать процесс стигматизации населения. Когда граждане, которые являются добросовестными (законопослушными), будут находиться в положении, и с ними будут обращаться, как с гражданами, которые являются недобросовестными (незаконопослушными), которые преступили закон [6].

Тем не менее, особенно в случаях, когда власть, возложенная на орган исполнительной власти, осуществляется тайно, риски произвола очевидны. Поэтому крайне важно иметь четкие, подробные правила для прослушивания телефонных разговоров, особенно когда доступная для использования технология постоянно становится все более изощренной.

Вместе с тем в вопросах, затрагивающих основные права, противоречило бы принципу верховенства права, одному из основных принципов демократического общества, воплощенных в Конвенции, если бы полномочия надзорных органов были выражены в форме неограниченных юридических полномочий. Соответственно, закон должен с достаточной ясностью указывать пределы любого подобного усмотрения, предоставленного компетентным органам, и способ его реализации с учетом законной цели.

По аналогии с методологией Европейского Суда, необходимо выделить целевую группу граждан, чтобы нивелировать риски, связанные с потенциальным получением информации о любом гражданине. Может возникнуть ситуация, когда понятие «лиц, идентифицированных... в качестве определенного круга лиц» в действительности может быть применено к любому лицу и истолковано как подготавливающее основу для получения информации в отношении неограниченного количества граждан.

При поиске данных контента должны применяться повышенные требования к обоснованию поиска и процессуальные гарантии.

Иначе может быть реализован алгоритм, связанный с неизбирательным широкомасштабным и систематическим сбором персональных данных лиц, зачастую включающих информацию интимного характера.

В Постановлении по объединенным делам «Digital Rights Ireland и Seitlinger and Others» [13] Суд Европейского союза признал недействительной Директиву о хранении данных, устанавливающую обязанность поставщиков общедоступных услуг электронной связи или сетей связи общего пользования хранить весь трафик и данные о местоположении на период от шести месяцев до двух лет для обеспечения доступности данных для целей расследования, обнаружения и уголовного преследования за совершение тяжких преступлений, определенных каждым государством-членом в его внутригосударственном законодательстве. По отдельности и в совокупности эти возможности слежения могут позволить государствам сделать очень точные выводы, касающиеся самых интимных моментов частной жизни любого лица. Существует потенциальная угроза неприкосновенности частной жизни вследствие обязательного неизбирательного и не основанного на подозрениях хранения данных, порождающего у затронутых им лиц ощущение, что их жизнь находится под постоянным контролем.

## Литература

1. Доклад Верховного комиссара Организации Объединенных Наций по правам человека. Право на неприкосновенность частной жизни в цифровой век» (принят 10.09.2018 - 28.09.2018 на 39-й сессии Совета по правам человека ООН) // Бюллетень Европейского Суда по правам человека. Российское издание. 2019. № 10.
2. Конвенция о защите прав человека и основных свобод (Заключена в г. Риме 04.11.1950) // Собрание законодательства РФ. 2001. № 2.



3. Конвенция о защите физических лиц при автоматизированной обработке персональных данных (ETS № 108) (Заключена в г. Страсбурге 28.01.1981) // Собрание законодательства РФ. 2014. № 5.
4. Определение Верховного Суда РФ от 01.08.2017 № 78-КГ17-45 Доступ из СПС «Консультант Плюс».
5. Постановление Европейского Суда по правам человека от 06.09.1978 по делу «Класс и другие против Федеративной Республики Германии» Доступ из СПС «Консультант Плюс».
6. Постановление Европейского Суда по правам человека от 18.04.2013 по делу «M.K. против Франции» // Доступ из СПС «Консультант Плюс».
7. Постановление Европейского Суда по правам человека от 04.12.2015 по делу «Роман Захаров против Российской Федерации» // Доступ из СПС «Консультант Плюс».
8. Постановление Семнадцатого арбитражного апелляционного суда от 14.01.2020 по делу № А60-38578/2019 // Доступ из СПС «Консультант Плюс».
9. Пояснительная записка к проекту Федерального закона № 759897-7 «О едином федеральном информационном ресурсе, содержащем сведения о населении Российской Федерации» Доступ из СПС «Консультант Плюс».
10. Пояснительная записка к Проекту Федерального закона № 946734-7 «О внесении изменений в Федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» (ред., внесенная в ГД ФС РФ, текст по состоянию на 22.04.2020) // Доступ из СПС «Консультант Плюс».
11. Решение Конституционного Суда Республики Беларусь от 06.12.2005 № П-165/2005 «Об электронной идентификации граждан» // Доступ из СПС «Консультант Плюс».
12. Федеральный закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» // Российская газета. 2006. № 165.
13. Digital Rights Ireland and Seitlinger and Others (жалобы N C-293/12 и C-594/12) // URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:62012CJ0293&rid=1> (дата обращения: 08.06.2020).

#### References in Cyrillics

1. Doklad Verxovnogo komissara Organizacii Ob`edinenny`x Nacij po pravam cheloveka. Pravo na neprikosnovennost` chastnoj zhizni v cifrovoj vek» (prinyat 10.09.2018 - 28.09.2018 na 39-j sessii Soveta po pravam cheloveka OON) // Byulleten` Evropejskogo Su-da po pravam cheloveka. Rossijskoe izdanie. 2019. № 10.
2. Konvenciya o zashhite prav cheloveka i osnovny`x svobod (Zaklyuchena v g. Rime 04.11.1950) // Sobranie zakonodatel`stva RF. 2001. № 2.
3. Konvenciya o zashhite fizicheskix licz pri avtomatizirovannoj obrabotke personal`ny`x dannyx (ETS № 108) (Zaklyuchena v g. Strasburge 28.01.1981) // Sobranie zakonodatel`stva RF. 2014. № 5.
4. Opredelenie Verxovnogo Suda RF ot 01.08.2017 № 78-KG17-45 Dostup iz SPS «Konsul`tant Plyus».
5. Postanovlenie Evropejskogo Suda po pravam cheloveka ot 06.09.1978 po delu «Klass i dru-gie protiv Federativnoj Respubliki Germanii» Dostup iz SPS «Konsul`tant Plyus».
6. Postanovlenie Evropejskogo Suda po pravam cheloveka ot 18.04.2013 po delu «M.K. protiv Francii» // Dostup iz SPS «Konsul`tant Plyus».
7. Postanovlenie Evropejskogo Suda po pravam cheloveka ot 04.12.2015 po delu «Roman Za-xarov protiv Rossijskoj Federacii» // Dostup iz SPS «Konsul`tant Plyus».
8. Postanovlenie Semnadczatogo arbitrazhnogo apellyacionnogo suda ot 14.01.2020 po delu № A60-38578/2019 // Dostup iz SPS «Konsul`tant Plyus».
9. Poyasnitel`naya zapiska k proektu Federal`nogo zakona № 759897-7 «O edinom federal`-nom informacionnom resurse, sodержashhem svedeniya o naselenii Rossijskoj Federa-cii» Dostup iz SPS «Konsul`tant Plyus».
10. Poyasnitel`naya zapiska k Proektu Federal`nogo zakona № 946734-7 «O vnesenii izmene-nij v Federal`ny`j zakon «Ob informacii, informacionny`x tehnologiyax i o zashhite in-formacii» (red., vnesennaya v GD FS RF, tekst po sostoyaniyu na 22.04.2020) // Dostup iz SPS «Konsul`tant Plyus».
11. Reshenie Konstitucionnogo Suda Respubliki Belarus` ot 06.12.2005 № P-165/2005 «Ob e`lektronnoj identifikacii grazhdan» // Dostup iz SPS «Konsul`tant Plyus».
12. Federal`ny`j zakon ot 27.07.2006 № 149-FZ «Ob informacii, informacionny`x tehnolo-giyax i o zashhite informacii» // Rossijskaya gazeta. 2006. № 165.
13. Digital Rights Ireland and Seitlinger and Others (zhaloby` N C-293/12 i C-594/12) // URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:62012CJ0293&rid=1> (data obrashheniya: 08.06.2020).

Луценко Сергей Иванович ([scorp\\_ante@rambler.ru](mailto:scorp_ante@rambler.ru))

Соавтор документа «Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации».

*Автор проекта «Контуры Концепции развития финансового кластера Российской Федерации на долгосрочную перспективу»*

**Ключевые слова**

Единая биометрическая система, персональные данные, сбор и обработка данных, право на уважение частной и семейной жизни, национальная безопасность

**Sergej Lutsenko, Biometric data collection: a tool for total surveillance or a means to achieve a legitimate goal?**

**Keywords**

Unified biometric system, personal data, data collection and processing, right to respect for private and family life, national security

**DOI:** 10.34706/DE-2020-02-09

**JEL classification:** D83Search • Learning • Information and Knowledge • Communication • Belief • Unawareness

**Abstract**

The author considers the features of collecting data on Russian citizens from government agencies, the Bank of Russia. How legitimate are their actions regarding the implementation of the Unified Biometric System project? The implementation of the Unified Biometric System implies proportionality in relation to the achievement of a legitimate goal. Otherwise, there is a legal risk of stigmatization of a bona fide category of citizens..

### 4.3. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РАЗВИТИЯ ОБЩЕЙ СОБСТВЕННОСТИ ИЛИ КАКОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ ЭКОНОМИСТЫ ДОЛЖНЫ ПОДГОТОВИТЬ ДЛЯ ПРОГРАММИСТОВ?

Ганзя С.В., к.э.н.

*В статье излагается нестандартный подход к пониманию экономической сущности общей собственности. Утверждается, что процессы концентрации и централизации капиталов, осуществляемые в результате акционирования, M&A, огосударствления, не порождают отношений общей собственности. Они всего лишь модифицируют формы частной собственности, в результате чего появляются глобальные вертикально – интегрированные экономические системы. Это закономерно ведет к поляризации общества, образованию экономической и пространственной периферии, представленной преимущественно малым бизнесом. Для выживания последнего и возрождения малых городских и сельских поселений, необходимо развивать процессы экономического объединения ресурсов. Выдвигаемая в статье гипотеза заключается в том, что элементарные, простейшие отношения общей собственности возникают между хозяйствующими субъектами тогда, когда они предоставляют друг другу временно высвобождающиеся из хозяйственного оборота ресурсы, прежде всего финансовые. В современной экономике функцию консолидации и перераспределения таких «свободных» ресурсов выполняют финансовые посредники – банки. Для того, чтобы конкурировать за доступ к финансовым ресурсам, малому бизнесу необходимо создавать производственно-финансовые объединения, которые могли бы на основе консолидации своих финансовых планов управлять свободными ресурсами без посредничества финансовых структур. В качестве технического средства реализации этой задачи может выступать финансовая платформа-интегратор, в которую необходимо заложить алгоритм перемещения свободных ресурсов, представляющий собой систему страхования рисков невозврата, одобряемый пользователями. Её масштабирование в виде горизонтально-интегрированной сети будет постепенно снижать спрос на банковское кредитование и обеспечит развитие периферийной экономики на основе собственных, внутренних ресурсов.*

*Для решения такой задачи необходим творческий союз экономистов и программистов и соответствующая регуляторная поддержка государства.*

То, что экономика имеет тенденцию к обобществлению, укрупнению различных своих сегментов – это человечество наблюдает уже не одно столетие. Этот процесс не прекращается и сегодня. Но какие последствия для будущего это будет иметь – перспективы очень туманные, в большей степени апокалиптические. Как грибы, появляются конспирологические теории мирового заговора, мирового правительства. С тех пор, как человечество похоронило идеалы коммунизма, мир стал двигаться наощупь, ориентируясь главным образом на инстинкты, порождаемые потребительским обществом со всеми вытекающими последствиями идейной и духовной деградации такого общества.

Для того, чтобы понять, что нужно делать, чтобы избежать мрачных прогнозов, человечество должно осознать законы, прежде всего экономические, которые лежат в основе его развития, и применять их как в своей повседневной деятельности, так и при выстраивании своих стратегических планов. Причем, осознать и применять всеми людьми в своей массе, а не только представителями так называемых «элит».

Тем, кто изучал экономику по учебнику «Economics» П. Самуэльсона и ему подобных авторов, возможно, будет трудно согласиться с мыслью о том, что экономическая наука должна изучать прежде всего ОТНОШЕНИЯ между людьми, отношения по поводу производства, распределения, обмена и потребления материальных благ и услуг. Тем, кто еще имел удовольствие изучать экономику по «Капиталу» К. Маркса, будет проще понять рассуждения и умозаключения, которые будут представлены ниже. А речь ниже пойдет о закономерностях развития ОТНОШЕНИЙ общей собственности и возможном практическом применении этих закономерностей с использованием современных технологий, прежде всего информационных. Для того, чтобы строить свою жизнь не так, как диктует сегодняшняя экономическая элита и обслуживающие эту элиту государственные структуры, а так, как считает правильным и полезным для своего развития и развития своего окружения обычный рядовой гражданин, рожденный по образу и подобию Бога творцом и созидателем.

Итак, когда и каким образом возникают между людьми *экономические* отношения общей собственности? Обратимся к простым примерам. В период советской коллективизации единоличники сдавали свое имущество в колхозный фонд, в результате чего сами становились колхозниками, наемными тружениками. Можно ли сказать, что в результате такого действия между ними возникли экономические отношения общей собственности?

Формально, идеологически – да. Реально, экономически – нет. Когда сформированный таким образом колхоз стал выступать в качестве хозяйствующего субъекта, возникли только отношения трудового найма между правлением колхоза и бывшим единоличником, лишившимся средств производства. Вместо многих собственников в экономическом пространстве появился один собственник. Этот собственник

появился не в результате *экономического* взаимодействия между единоличниками, а в результате *внеэкономического* убеждения (или принуждения), которое произвели над единоличниками. И в соответствии с существовавшими тогда правовыми нормами оформили это в виде колхоза. Было много объектов собственности и много субъектов собственности – стал один объект (единый колхозный фонд) и единый субъект собственности (правление колхоза).

Другой пример. Несколько единомышленников (пусть будет 5) решили создать акционерное общество и договорились сброситься по 1 млн.руб. в качестве вклада в акционерный капитал. Появился новый экономический субъект с капиталом в 5млн.руб. Решение учредителей и оформление АО в правовом поле – это не экономическое взаимодействие, а исключительно правовой акт. Возникли ли между вновь испеченными акционерами отношения общей собственности? Не только не возникли, но новоиспеченные акционеры даже лишились той реальной собственности, которую передали в АО, получив взамен акции – фиктивное свидетельство на право доли в АО (так называемый фиктивный капитал). Они перестали быть субъектами собственности и превратились в наблюдателей с некоторыми правами формирования правления АО и утверждения его стратегии в соответствии с действующими правовыми нормами. Акционер не может заключать хозяйственные сделки от имени АО, этим правом теперь обладает только правление АО.

По аналогичной схеме происходит огромная масса экономических процессов, связанных с укрупнением бизнеса и капитала на макро – и микроэкономическом уровнях, в результате которых на рынке появляются более крупные компании. К их числу относятся так называемые сделки слияния и поглощения (M&A), акционирование, меры по огосударствлению производства и многие другие. Результат один – вместо нескольких собственников появляется один, управляющий более крупным капиталом. Количество собственников в системе уменьшается (вплоть до единственного – в условиях тотального огосударствления собственности). Главные экономические субъекты, решающие между собой основные экономические и политические вопросы – это вертикально интегрированные системы (корпорации, государства), стягивающие консолидированные ресурсы в центр, из которого и управляют директивными (внеэкономическими) методами своим хозяйством, используя эти ресурсы в качестве рычагов такого управления. Создаются благоприятные условия для развития крупных городов и мегаполисов, развиваются финансовые центры, растет ВВП развитых государств. Происходит глобализация мировой экономики. Обратная сторона этого процесса – образование периферийной экономики, которая служит для мировой экономической элиты источником пополнения ресурсов, как природных, так и человеческих. Мировая периферия – это страны третьего мира, региональная периферия – это умирающие городские и сельские поселения. Дальше каждый может дорисовывать эту картину по своему усмотрению. Вплоть до конспирологических теорий мирового правительства, мирового заговора или прихода на Землю Антихриста. Но здесь разговор не про это, а про экономические отношения общей собственности. Несмотря на многообразие форм концентрации и централизации капиталов, экономических отношений общей собственности, они (эти формы) не только не порождают, но всячески способствуют закреплению и углублению отношений частной собственности, когда все большая часть мировых производственных ресурсов концентрируется в руках малой группы собственников, а основная масса населения Земли вынуждена вступать в отношения найма с этой малой группой самых богатых людей.

Это – объективная реальность, далеко не самая приятная для большинства жителей планеты. Кто-то предложит бороться с ней радикальными методами: погромами и революциями. История знает много таких попыток, но, к сожалению, исход их всегда был печальным. Один мудрый архитектор – Ричард Бакминстер Фуллер – сказал: «Нельзя ничего изменить, сражаясь с существующей реальностью. Чтобы что-то изменить, создайте новую модель, которая сделает существующую безнадежно устаревшей».

Может ли человечество выработать такую экономическую модель, которая бы позволила избежать неминуемое, на первый взгляд, скатывание человечества в пропасть? И может, и должно. Чтобы показать это, вернемся к теории вопроса.

Начнем с утверждения, которое пока обозначим как гипотезу:

***экономические ОТНОШЕНИЯ общей собственности между хозяйствующими субъектами возникают в том случае, когда один субъект передает временно высвобождающийся в процессе кругооборота капитала производственный ресурс займы другому хозяйствующему субъекту, который включает этот ресурс в процесс кругооборота своего капитала.*** Что может сподвигнуть одного предпринимателя дать займы другому, и при каких условиях они пойдут на такую сделку – об этом ниже. Пока – об ОТНОШЕНИЯХ, которые возникают между двумя такими предпринимателями. Если предприниматель Иванов имеет возможность передать займы предпринимателю Петрову 1млн.руб., который сегодня лежит у него на депозите в банке, то он, как минимум, рассчитывает получить их обратно к тому дню, когда ему потребуется этот миллион для покупки нового оборудования или партии сырья. То есть он считает этот миллион своим и расстается с ним на время, в течение которого он пролежал бы для него мертвым грузом. В то же время, запуская полученный займы миллион в свой производственный оборот, предприниматель Петров воспринимает его как свой и воспользуется им рачительно, как своим капиталом. Будет достаточно неразумно, если он положит миллион на депозит в банке и когда наступит срок – снимет депозит и вернет Иванову. Смысл будет только тогда, когда миллион будет «крутиться» у него в производстве, и когда нужно будет его вернуть – он изымет его из оборота. И Иванов считает миллион своим, и Петров использует этот миллион в производстве как свой.

Между ними – двумя хозяйствующими субъектами – возникают отношения общей собственности по поводу одного и того же объекта собственности. Эти отношения проявляются в том, что Иванов будет интересоваться финансовым состоянием Петрова, его производственными планами, он будет рассчитывать на помощь Петрова, когда у того будут свободные ресурсы, а Иванов будет в них нуждаться. Иванов будет заинтересован, чтобы бизнес Петрова процветал и наоборот. Это отношения не конкуренции, а отношения сотрудничества и взаимопомощи. Эти отношения образно можно представить как отношения между двумя волейбольными командами по поводу одного и того же мяча, каждая из которых в процессе дружеского матча обрабатывает мяч на своей половине, чтобы перебросить его на другую половину, показывая тем самым красивую игру зрителям.

Таким образом, **отношения заимствования представляют собой элементарную, простейшую форму отношений общей собственности между двумя хозяйствующими субъектами.** Дальнейшее изложение будет связано с логическим разворачиванием этой простейшей формы в более

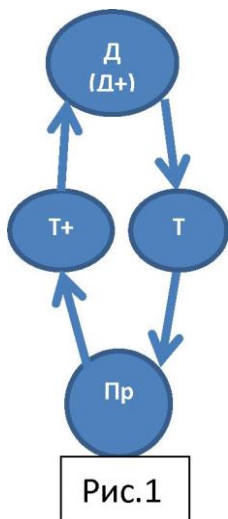


Рис.1

сложные формы, вплоть до всеобщей и общенародной. Для наглядности отталкиваясь будем от схематического изображения формулы классического кругооборота капитала:  $D - T - Pr - (T+) - (D+)$ .

Эта формула представлена на Рис.1. На денежный капитал предприниматель закупает на рынке оборудование, сырье и другие, необходимые для производства ресурсы (включая рабочую силу, если применяется наемный труд). На стадии производственного процесса производится товар (услуга), который содержит в себе перенесенную стоимость T плюс добавленную стоимость (+). Товар T+ продается на рынке, и на счет в банке поступает денежная сумма D+. Далее – по кругу.

Как бы идеально ни была спланирована производственная деятельность, у каждого предприятия в силу ОБЪЕКТИВНЫХ особенностей его производственного цикла на одной из стадий кругооборота капитала происходит процесс его накопления. Прежде всего, в денежной форме. Так, розничный торговец раз в неделю посещает оптовую базу для закупки партии товара и к этому дню накапливает на своем счете выручку; фермер копит выручку от реализации ежегодного урожая, чтобы весной закупить семена, удобрения, новый трактор и т.д. Именно по поводу использования этих временно свободных ресурсов и возникают определенные отношения, которые являются здесь предметом рассмотрения. На первый взгляд, это какая-то мелочь, по сравнению с общим объемом оборачиваемого капитала, но, как говорится, «дьявол кроется в мелочах».

**1. Простая или случайная форма отношений собственности.**

Схематически эта форма представлена на рис.2.

Такие отношения возникают эпизодически, когда одному предпринимателю удается получить у другого займ. После возврата займа отношения общей собственности между ними могут прекратиться, возможно, навсегда, а могут и возобновиться.

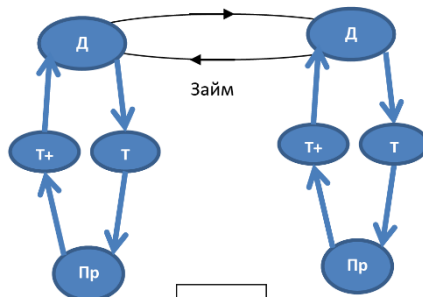


Рис.2

**2. Полная, или развернутая форма общей собственности (представлена на рис.3).**

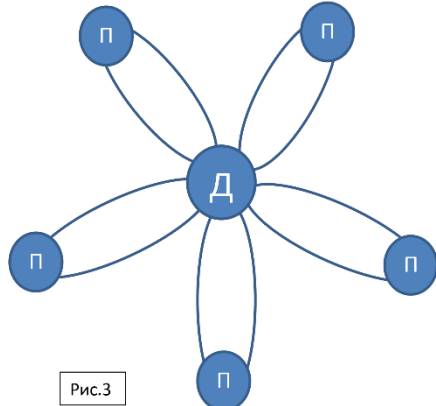


Рис.3

Такая форма отношений общей собственности возникает тогда, когда несколько предпринимателей договорятся, что вся выручка от реализации произведенной ими продукции будет поступать в «общую кассу», «общий котел», на единый счет. В свою очередь, расходы на приобретение необходимых ресурсов для производства также будут оплачиваться из этой «общей кассы». Как и по какому алгоритму – пока неважно. Пока будем считать, что они как-то договорились.

Что можно сказать по поводу этой формы общей собственности? Общий счет, обозначенный на нашей схеме буквой «Д», выступает своего рода «сердцем», которое перекачивает каждому участнику свою порцию «экономической крови» – деньги. А для этого принимает от каждого участника эту «кровь» – деньги, которые появляются от продажи произведенной продукции. Каждый из участников имеет свой «счетчик» в виде субсчета, который постоянно отмеряет, сколько каждый из них «влил» в «общий котел» и сколько из него получил. Деньги, хоть и имеют персональный счет для каждого

участника, смешиваются в «общем котле» и становятся общими для всех участников. Чем больше участников, тем больше нивелируются специфика индивидуальных кругооборотов капитала, тем эффективнее используется денежный капитал всего сообщества.

Если развернутая форма общей собственности встречается сегодня на практике, хоть и в зачаточном виде (так называемые «кассы взаимопомощи», финансовые кооперативы), то следующие, более развитые формы являются исключительно плодом абстрактного теоретизирования. Поэтому пока их можно обозначить только в качестве стратегического вектора развития.

### **3. Всеобщая форма отношений общей собственности.**

Такую форму отношения общей собственности примет тогда, когда все хозяйствующие субъекты (как минимум, подавляющее их большинство) объединят кругообороты своих капиталов на основе расчетной системы единой финансовой структуры, а управлять консолидированными свободными остатками будут сами участники, без какого-либо посредничества. Получится такая своего рода горизонтально интегрированная «ромашка» с многомиллионными лепестками.

### **4. Общеприимная форма общей собственности.**

Такую форму общая собственность примет тогда, когда не только хозяйствующие субъекты, но и все домохозяйства, потребляющие продукты и услуги, производимые этими хозяйствующими субъектами, также «подключат» кругооборот своих личных средств к единой расчетной системе, в которой будут консолидироваться их доходы и из которой они будут черпать средства для приобретения необходимых продуктов и услуг.

Две последние формы общей собственности – это чистая теория, которая к реальной действительности сегодня практически не имеет никакого отношения. Поэтому вернемся к тому историческому периоду, когда простая форма общей собственности получила достаточное развитие в силу развития товарно-денежных отношений, и она по логике должна была перерасти в полную, или развернутую форму. Но для того, чтобы случайные отношения общей собственности между хозяйствующими субъектами трансформировались в регулярные отношения между ними, необходимо существенное условие: эти субъекты должны определенным образом договориться, что все их свободные ресурсы будут консолидироваться в одном месте и использоваться по общему согласию. А для этого необходима высокая степень взаимного доверия, заинтересованность в «общем деле», ради которого они готовы объединяться, взаимная открытость относительно положения дел у каждого участника. Определенные подвижки в этом направлении осуществлялись, в частности, во времена некоторой популярности кооперативного движения («рочдельские кооперативы»).

Но история распорядилась иначе. В условиях частнокапиталистического общества господствует личный интерес, жажда быстрого обогащения, всеобщая конкуренция и коммерческая тайна. Для того, чтобы стать богаче и успешнее, нужно не помогать друг другу, а подавить своего конкурента и присоединить его капитал к своему. Идеи кооперативного движения не выдержали исторической конкуренции с идеалами частной собственности. Но самая главная причина затухания кооперативного движения, на наш взгляд, – это отсутствие технических условий и предпосылок для расширения кооперативной системы до масштабов, с которыми бы считался крупный капитал.

В то же время развитие товарного производства требовало решения проблемы: что делать с нарастающими объемами свободных денежных ресурсов, которые высвобождались в процессе кругооборота капитала? Их, как минимум, надо было где-то хранить до момента, пока не будут востребованы для производства. В ответ на такой запрос стали появляться финансовые посредники, которые предлагали не только сохранить свободные деньги, но и выдавать за это определенную премию в виде процента. Эти посредники принимали деньги от клиентов и предоставляли их фактически тем же клиентам, но делали это исключительно в своих коммерческих целях. Принимали под маленький процент, предоставляли под большой. Разница составляла их доход. Так стали появляться банки, которые на сегодняшний момент представляют собой наиболее влиятельный сегмент в любой развитой экономике. Но банки получили возможность не только присваивать себе разницу в процентах. Они получили возможность распоряжаться сконцентрированными в банке ресурсами по своему усмотрению, не спрашивая при этом мнения вкладчиков.

О масштабах банковского сектора в нашей стране говорят следующие цифры. По состоянию на начало 2019 года сумма остатков на счетах клиентов банков в РФ составляла 50 трлн.руб., из них кредитов выдано только на 20 трлн. рублей. Разница составляет 30 трлн. руб, небольшая часть из которых (не более 5 трлн. руб.) направляются на обязательные резервы, а остальное – это ресурсы, которыми управляют банки, используя их в своих интересах, преимущественно на различные спекулятивные операции с ценными бумагами. Для сравнения: общий размер расходов федерального бюджета составлял в 2018г. около 18 трлн. руб.

Обычные клиенты банков, хранящие там свои депозиты, оборотные деньги или сбережения, пребывают в наивном неведении, что их деньги не лежат на их счетах, а консолидированы банком и используются им в финансовых операциях для получения собственной прибыли. Клиентский счет в банке отражает всего лишь размер обязательства банка перед клиентом. Реальные деньги находятся на корреспондентском счете банка, и этими деньгами распоряжается именно банк, а не его вкладчики. Здесь не



ставится задача обличать банки, тем более что основная их масса действует в соответствии с существующим законодательством, а законодательство требует, чтобы банки были прибыльными – в противном случае они будут признаны банкротами. Следует, напротив, воздать должное исторической роли банковской системы, которая, хоть и не бескорыстно, но все же создала два величайших экономических инструмента: механизм осуществления наличных и безналичных расчетов и механизм консолидации свободных денежных ресурсов. И если целевое использование банками механизма консолидации денег вызывает целый ряд вопросов, которым, собственно, и посвящена данная статья, то осуществление расчетно-кассового обслуживания, хоть и требует определенного совершенствования, не является каким-либо тормозом для развития экономики.

Однако вернемся к вопросам отношений общей собственности. Согласно приведенной нами выше полной. или развернутой форме общей собственности, казалось бы, именно банк и является конкретным практическим воплощением такой теоретической модели. Та же «ромашка»: деньги клиентов, завершающие кругооборот капитала, поступают после реализации произведенной продукции на корреспондентский счет банка, с корреспондентского счета банка деньги клиента направляются на закупку им необходимого сырья и оборудования. Деньги в банке также «перемешиваются» и становятся «общими» для всех клиентов банка. Но почему-то между этими клиентами не возникает никаких дружественных отношений общей собственности, взаимопомощи и заинтересованности в «общем деле». Причина проста. Как только клиент перечислил деньги на свой счет в банке (читай: дал банку займы), он по всем существующим банковским правилам и договорам не имеет права принимать решения, куда будут направлены его деньги, консолидированные с деньгами других клиентов на корреспондентском счете банка. Он добровольно передает это свое право банку, который без лишнего шума и под покровом коммерческой тайны использует его по своему усмотрению. А дальше процесс идет так, как он описан в начале статьи: концентрация капитала, формирование вертикально интегрированной финансовой корпорации, интересы рядовых клиентов для которой глубоко вторичны. Клиенты конкурируют за кредиты, конкуренцию выигрывают крупные клиенты, малый бизнес на задворках, деньги концентрируются в крупных городах, периферийная экономика сжимается. Мир катится в пропасть.

Есть ли выход из этого замкнутого круга? Есть, правда, пока на данном этапе только теоретический. Заключается он в том, чтобы наиболее страдающий от такого порядка вещей малый и средний бизнес и наиболее социально ориентированные крупные клиенты банковской системы начали в массовом масштабе формировать ячейки, клеточки общей собственности в виде той самой «ромашки», используя существующий расчетно-кассовый банковский механизм, вступая при этом в конкуренцию с кредитным механизмом банка на законном основании. Ведь если тот свободный остаток, который до поры до времени «лежит» сегодня на расчетном или депозитном счете клиента, не будет дожидаться своего часа, чтобы двигаться дальше в своем производственном кругообороте, а будет передан своему товарищу, который запустит его в оборот уже сегодня, то этим остатком будет управлять уже не банк, а клиент и его партнеры, которые сформируют такую «клеточку» общей собственности. Все на законном основании, с использованием элементарных прав вкладчиков, по всем правилам свободной рыночной конкуренции. Без революций и потрясений. Просто самим управлять своими свободными ресурсами, а не делегировать эти права финансовому посреднику, банкиру.

Массовое формирование «клеток» общей собственности – это только начало строительства целостного «организма» общей собственности. Жизнеспособные «клетки» должны вступать во взаимодействие посредством «межклеточного» механизма взаимного финансирования, образуя горизонтально интегрированную систему общей собственности, финансовую сеть, внутри которой свободные активы будут беспрепятственно перемещаться от пользователей, имеющих их временный избыток, к пользователям, имеющих в них временную потребность. Это – вектор развития системы общей собственности. Конкретные шаги должны выстраиваться самими строителями такой системы.

Почему у нас существует уверенность, что такое массовое движение по формированию системы общей собственности будет вполне конкурентоспособно по отношению к банковскому кредитному механизму? Во-первых, потому, что такая система должна строиться на НЕКОММЕРЧЕСКОЙ основе, а это означает существенную экономию на банковском проценте. Во-вторых, потому что ресурсы такой системы должны быть доступны любому хозяйствующему субъекту, который пользуется доверием и деловой репутацией в кругу своих партнеров, готовых за него поручиться. В-третьих, потому, что она должна создаваться на основе современных информационных технологий, которые обеспечат осуществление кредитных транзакций в режиме реального времени и без влияния субъективных факторов, присутствующих сегодня повсеместно в кредитном механизме банков.

Таким образом, для того, чтобы отношения собственности стали приобретать общий, общественный характер, нужна «самая малость». Нужно, чтобы каждый хозяйствующий субъект, оставаясь полностью свободным и независимым производителем, просто воспользовался бы своим законным правом управлять той небольшой частью своего капитала, которая временно выпадает (высвобождается) из его кругооборота. А самый лучший способ распорядиться таким свободным капиталом – передать его займы своему партнеру, единомышленнику, проживающему с тобой на одной территории, в одном поселении, чтобы твой партнер стал успешнее и самодостаточнее. И тогда он отплатит той же монетой. И тогда вместе вы построите цветущий поселок, будете по жизни творить, а не выживать. Нужно, чтобы

граждане в своей массе стали осознавать, что только через развитие отношений взаимного финансирования и взаимопомощи можно обеспечить развитие периферийной экономики и достойную жизнь в малых городах и поселениях. Рассчитывать на благотворительность банкиров, крупного капитала или государства – это прямой путь к потере своей независимости, дорога в рабство, путь к самоуничтожению.

Формула простая. Но ее реализация на практике выглядит сегодня не иначе, как сюжет фантастического или утопического романа. Тем не менее, выход, хоть и теоретический, есть. Попробуем разобраться, какие условия необходимы, чтобы «сказка стала былью»? Их можно сгруппировать по двум основным направлениям. Первое направление – формирование у населения идейно-нравственных принципов, необходимых для формирования экономической системы, основанной на отношениях общей собственности, в том ее понимании, которое было изложено выше. Второе направление – создание технического инструментария, с помощью которого экономически активное население могло бы с минимальными рисками и издержками приступить к массовому строительству такой системы, не вступая при этом в воинственное противостояние с существующей экономической моделью.

Что касается первого, идеологического направления, то здесь уместно сослаться на ту работу, которую начинает проделывать малоизвестное пока сообщество «Пространственное развитие» по выявлению закономерностей и формированию идейно-нравственных ориентиров развития общества, (сайт – [пространственноеразвитие.рф](http://пространственноеразвитие.рф)). Изменить массовое сознание людей, направить его в русло, соответствующее реализации гуманистических целей – это титанический труд, требующий применения серьезных социальных технологий, особенно в условиях современной информационной какофонии. Тем не менее, это реально, особенно учитывая, что по существу альтернативы нет. Надо сказать, что осознанию массами необходимости следовать идеалам взаимопомощи, «общего делания», помогает и реальное положение этих масс: их относительное, а иногда и абсолютное обнищание на фоне поляризации общества, принимающего угрожающие масштабы. Но эта просветительская работа, очевидно, должна вестись параллельно с реализацией практических мероприятий по выстраиванию конкретной модели взаимодействия хозяйствующих субъектов на «клеточном» уровне – формированию первичных звеньев системы общей собственности. Иными словами, формированию производственно-финансовых объединений (ПФО), взаимодействие между участниками которых осуществляется на принципах взаимного финансирования.

Формирование таких ПФО – это не только и не столько просветительская работа с людьми в части выстраивания их ценностных ориентиров, формирования идейной общности, взаимного доверия и прочих нравственных элементов, которые существуют у всякого нормального человека хотя бы в самом зачаточном состоянии. Вопрос в том, что эти элементы могут возрастать и развиваться только на почве практических дел. А реалии бизнеса таковы, что недоверчивый и осторожный бизнесмен даст согласие на участие во взаимном финансировании только при условии, если будет решен целый ряд задач, включая:

1. определение момента возникновения свободного остатка ресурсов у каждого из участников и времени его существования (когда это свободный остаток потребуется его хозяину, чтобы не прерывать кругооборот капитала и производственный процесс, в частности);
2. определение момента возникновения потребности для каждого из участников в дополнительных ресурсах и времени существования такой потребности (когда заимствованный капитал может быть возвращен его хозяину);
3. состыковка, согласование спроса и предложения свободных остатков для всех участников ПФО;
4. формирование системы гарантий возвратности ресурсов и создание надежной системы страхования рисков, исключающей возможную недобросовестность или неплатежеспособность партнеров: система взаимного поручительства, установление кредитных лимитов, рейтингование участников, установление порядка приоритетности предоставления займов в случае недостатка ресурсов, создание фонда страхования рисков;
5. предоставление возможности каждому из участников контролировать в режиме реального времени процесс консолидации свободных остатков и их распределение между участниками ПФО.

Задачи 1) и 2) решаются на основе составления производственно-финансовых планов предприятий. Задача 3) решается на основе консолидации этих производственно-финансовых планов в единый финансовый план ПФО, в котором должно отражаться планомерное перемещение свободных остатков между участниками. Это план взаимного финансирования. Задача 4) – это система страхования рисков, которая может быть построена на основе определенного алгоритма, согласованного со всеми участниками, добровольно вступающими в отношения взаимного финансирования. Элементы такой системы вполне могут быть позаимствованы у банковской системы. Задача 5) – это дополнительная опция взаимного контроля за эффективным использованием общей собственности ПФО.

Все эти задачи могут решаться силами условного диспетчера, который будет действовать на основе определенных инструкций, согласованных всеми участниками ПФО. Но их можно решать и в автоматическом режиме, исключая риски, связанные с субъективным фактором. Инструкции – это не что иное, как алгоритм, который можно заложить в программу, построенную, к примеру, на основе популярной программы 1С. И тогда наше ПФО будет представлять собой не что иное, как простейшую мо-

дель цифровой платформы – финансового агрегатора, выполняющего функцию перемещения, перераспределения ресурсов от пользователей, обладающих их временным избытком, к пользователям, испытывающих в них временную потребность. Причем, в режиме реального времени. Чем больше будет пользователей у такой платформы, тем эффективнее и конкурентоспособнее будет формируемая на ее основе экономическая система.

Воображение может достраивать эту простейшую модель до масштабов городского поселения, муниципального образования, региона и даже всей страны в целом. Вот перечень возможных макроэкономических «плодов» такой системы при выстраивании ее до масштабов всей страны: саморегулируемые финансы, нулевая инфляция, стабильная валюта, единое народнохозяйственное планирование, нулевая стоимость капитала (который перестанет быть таковым в классическом понимании), отсутствие наемного труда, отсутствие периферийной экономики и еще многое другое. Все это будет характеризовать переход отношений общей собственности в четвертую (по вышеприведенной классификации) её форму – общенародную собственность.

Однако хорошо известно, что критерий истины – это практика. Для того, чтобы такую модель воплотить в жизнь, необходимо решать чисто технические задачи. А для этого необходим творческий союз экономистов и программистов. Экономисты должны грамотно сформулировать техническое задание по построению цифровой интеграционной финансовой платформы, функционирующей на принципах общей собственности, а программисты – его выполнить. В самом первом приближении составные элементы такого ТЗ представлены в этой статье. Конечно же, необходимо проделать много конкретной работы, чтобы сформулировать полноценный правильный вариант. Автору этой статьи, неискушенному в тонкостях IT технологий, представляется, что такая платформа может быть построена по принципу организации сотовой связи, где «сотами» должны выступать производственно-финансовые объединения, интегрируемые в муниципальные «соты», а те, в свою очередь – в региональные.

Еще одно важное условие – поиск почвы, где можно было бы посеять и взрастить первые семена новой системы. Представляется, что лучшей почвой для этого является муниципальные образования, в которых существует достаточно сплоченное ядро активистов из числа представителей местной администрации, патристически настроенной общестственности, предприимчивого бизнеса и, желательнее, институтов развития, готовых выполнять свою основную задачу – содействие социально-экономическому развитию территорий и отраслей.

В заключение – немного размышлений о предполагаемой роли государства в построении новой модели экономики, основанной на отношениях общей собственности. Создание такой модели не предполагает какого-либо обязательного участия государственного бюджета в её финансировании. Она должна развиваться как за счет экстенсивных факторов – присоединения к ней новых пользователей, так и за счет интенсивных факторов, связанных прежде всего с преимуществами, предоставляемыми единой системой планирования. Дотирование этой системы из государственного бюджета на стадии её становления будет означать для нее практически мгновенную смерть. Единственный возможный вариант финансового взаимодействия с государством – это предоставление государственных займов с целью ускорения процессов развития новой системы. Это же относится и к федеральным, и к местным бюджетам.

Совсем другое дело – обеспечение государством условий свободной конкуренции новой системы с существующими на настоящий момент крупными производственными и финансовыми корпорациями, включая иностранные. Сюда же относится и гарантирование недискриминационных условий пользования банковскими системами расчетно-кассового обслуживания и кредитования. Без последнего на первых этапах вряд ли удастся обойтись. В этих целях инициаторы создания новой модели экономики вправе требовать от государства принятия нормативно-правовых актов, гарантирующих её свободное развитие в условиях существующих хозяйственных механизмов.

Существует китайская мудрость, которая звучит так: «Глупый выращивает сорняки, умный – урожай, а мудрый – землю». Применительно к роли государства в развитии экономики, эту мудрость можно интерпретировать так: «Глупое государство «выращивает» коррупцию и бюрократию, умное государство финансирует проекты развития, чтобы развивать экономику, а мудрое государство формирует условия, необходимые для того, чтобы экономика росла за счет массовой предпринимательской инициативы, за счет собственных внутренних ресурсов, на принципах саморазвития и самофинансирования».

Слава Богу, наше государство борется с «сорняками» и иницирует национальные проекты. Остается надеяться на то, что настанет время, когда оно будет управлять обществом «мудро».

*Ганзя Сергей Васильевич – Начальник Отдела кластерного анализа и пространственного развития АНО «Институт исследований и экспертизы Внешэкономбанка»,  
E-mail: nhrst@mail.ru.*

#### **Ключевые слова**

общая собственность, обобществление производства, кругооборот капитала, займы, финансовый агрегатор, планирование.

***Sergey Ganza, Theory and practice of common property development or what technical task should economists prepare for programmers?***

**Keywords**

common property, socialization of production, capital turnover, loans, financial aggregator, planning.

**DOI:** 10.34706/DE-2020-02-10

**JEL classification:** P14Property Rights, P26 Political Economy • Property Rights.

**Abstract**

The article presents a non-standard approach to understanding the economic essence of shared property. It is argued that the processes of concentration and centralization of capital, carried out as a result of corporatization, M&A, and nationalization, do not generate relations of common ownership. They merely modify forms of private ownership, resulting in global vertically integrated economic systems. This naturally leads to the polarization of society, the formation of an economic and spatial periphery, represented mainly by small businesses. For the latter to survive and revive small urban and rural settlements, it is necessary to develop processes of economic pooling of resources. The hypothesis put forward in the article is that the elementary, simplest relations of common property arise between economic entities when they provide each other with temporarily released resources from economic turnover, primarily financial. In the modern economy, the function of consolidation and redistribution of such "free" resources is performed by financial intermediaries – banks. In order to compete with small businesses for access to financial resources, it is necessary to create production and financial associations that could use the consolidation of their financial plans to manage free resources without the mediation of financial structures. As a technical means of implementing this task, a financial platform- integrator can act, in which it is necessary to lay an algorithm for moving free resources, which is a system of insurance of risks of non-return, approved by users. Its scaling up in the form of a horizontally integrated network will gradually reduce the demand for Bank lending and ensure the development of the peripheral economy based on its own internal resources.

To solve this problem, we need a creative Union of economists and programmers and appropriate regulatory support from the state.

### Общие требования к публикуемым материалам

Авторам предоставляется широкий выбор возможностей для самостоятельного размещения своих материалов непосредственно на сайте журнала в своих индивидуальных блогах. Требуется предварительная регистрация в качестве автора. Также можно присылать научные статьи на адрес редакции по электронной почте в формате word (не очень старых версий). Учитывая мультидисциплинарный характер журнала, можно ожидать появления статей с формулами, графиками и рисунками. В этом случае предпочтительно, чтобы авторы сами форматировали свои статьи и присылали их в формате pdf или контактировали с редакцией по поводу их оформления. При этом все материалы должны удовлетворять следующим требованиям к содержанию.

#### 1. Уникальность

Текст должен быть написан специально для журнала Цифровая экономика. Научная статья обязательно содержит ссылки на работы предшественников и других специалистов по теме, а в идеальном случае—их краткий анализ. Конечно, обзор литературы может включать ранее опубликованные труды самого автора, если он давно работает над проблемой. Действительно оригинального текста в материале может быть немного. Но оригинальные идеи или важные подробности присутствовать должны обязательно. В том числе возможна публикация текстов, представляющих собой развернутые версии кратких статей, опубликованных или направленных в печатные издания. Вы самостоятельно решаете, сколь уникальный текст подавать в журнал на рассмотрение, в том числе, вы можете сами поместить текст на сайте журнала и он будет доступен читателям. Вы сразу можете определить, что это научная статья, мнение или что-то иное. Но редакция и рецензенты оставляют за собой право на оценку вашего материала в качестве научной статьи, достойной публикации.

#### 2. Актуальность и польза

Ваш текст должен быть нужен и полезен, прежде всего, для читателей, а не для WebScience, Scopus или РИНЦ, хотя в дальнейшем мы планируем добиться индексации в этих системах, как и признания публикаций ВАК. Прежде чем писать статью, задайте себе вопрос—зачем? Вам нужна еще одна строка в перечне публикаций? Или у вас есть гипотеза, метод, результат, теория, новый инструмент, идея, найденная чужая ошибка?

#### 3. Профессионализм

Если вы ответили на вопрос *зачем*, то время оценить свои силы. Читая ваш текст, люди должны видеть, что его писал специалист, хорошо разбирающийся в вопросе. Пишите, прежде всего, о том, чем сами занимаетесь и что знаете отлично.

#### 5. Язык и стиль

Пишите просто. Пишите сложно. В зависимости от жанра и специфики публикации. Для *научной статьи* требование простоты выглядит недостижимым, зачастую—ненужным, а для *мнения*—вполне разумно. Если вы поборник чистоты текста, можно порекомендовать проверить его с помощью «[Главреда](#)». Конечно, следует понимать, что научная статья никогда не получит высокой оценки от этой программы.

#### 6. Типографика

Если стиль—дело вкуса автора, то типографские тонкости следует соблюдать с самого начала. Погрузите ваш текст в [Реформатор](#) (кнопка «Типографить»). Сервис заменит такие кавычки: “” на такие: «», а дефисы на нормальные тире (—). Еще одна полезная программа—типографская раскладка Бирмана.