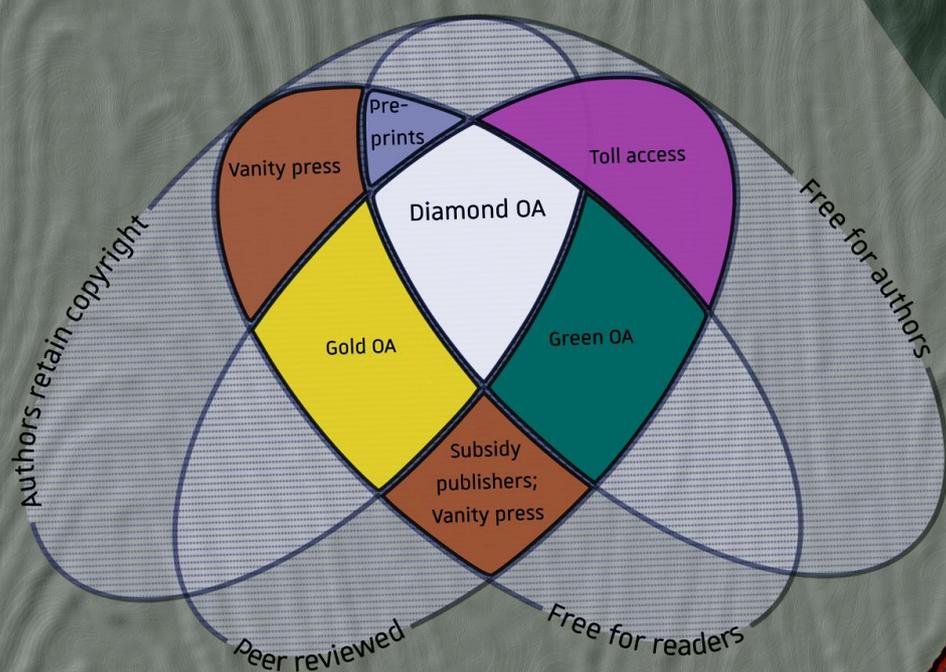


# ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА



#### **Редакционный совет электронного журнала «Цифровая экономика»**

- Агеев Александр Иванович – д.э.н., генеральный директор Института экономических стратегий, заведующий кафедрой НИЯУ «МИФИ», профессор, академик РАЕН.
- 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.
- Волынкина Марина Владимировна – д.ю.н. Ректор НОЧУ ВПО «Институт гуманитарного образования и информационных технологий.
- 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., профессор Исследовательского центра частного права при Президенте РФ им. С.С. Алексеева
- Китова О.В. – д.э.н., к.ф.-м.н. зав. кафедрой Информатики РЭУ им. Г.В. Плеханова.
- Козырь Юрий Васильевич – д.э.н., главный 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»
- Серго Антон Геннадьевич – д.ю.н., Профессор кафедры авторского права, смежных прав и частоправовых дисциплин Российской государственной академии интеллектуальной собственности (РГАИС)
- 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», № 4(30) 2024

Выпуск № 4, 2024 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

Ведута Е. Н. – д.э.н., профессор, зав. кафедрой стратегического планирования и экономической политики факультета государственного управления имени М. В. Ломоносова

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

Китов Владимир Анатольевич, к.т.н., зам. Зав. кафедрой Информатики по научной работе РЭУ им. Г.В. Плеханова

Костин А.В. – к.э.н., ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН

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 составлена Елизаветой Вершининой.

Подписано к опубликованию в Интернете 24.12.2024, Авт. печ. л. 9,7

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

Адрес редакции: 117418 Москва, Нахимовский проспект, 47, комн. 520

При использовании материалов ссылка на журнал «Цифровая экономика» и на автора статьи обязательна (на условиях creative commons).

© Журнал «Цифровая экономика», 2024

I S S N 2 6 8 6 - 9 5 6 X



9 772686 956001 >

# СОДЕРЖАНИЕ

Слово редактора.....	4
<b>1. Научные статьи.....</b>	<b>5</b>
1.1. Козырев А. Н. Принцип двойственности в математической теории общего равновесия	5
1.2. Костин А. В. Цифровой маркетинг юридических услуг в эпоху Big Data.....	14
1.3. Белоусов Ф. А., Иванова А. К., Неволин И. В. Технологический суверенитет и глобальная конкуренция.....	24
1.4. Волкова А. Д., Костина Т. А., Ноакк Н. В. Методика исследования социальных представлений как инструмент изучения удовлетворенности работой .....	34
1.5. Недоря А. Е. Разработка языка Тривиль. Первые шаги к семейству языков. Часть 1.....	40
1.6. Недоря А. Е. Разработка языка Тривиль. Часть 2 .....	50
1.7. Патласов Д. А. Системное бек-тестирование торговых стратегий для цифровых производных финансовых инструментов.....	63
1.8. Медведева А. И., Жуков Т. А. Применение методов искусственного интеллекта при анализе результатов периметрии пациентов и диагностировании глаукомы .....	69
1.9. Барышков К. В. Интеграция искусственного интеллекта в стратегии маркетинга .....	74
1.10. Торжевский К. А. Цифровые платформы как инструмент реализации бартерных сделок в условиях ужесточения экономических санкций.....	78
1.11. Ратман Л. П. Влияние общемировой ситуации на рынок строительных услуг и материалов Москвы и Московской области на примере пандемии COVID-19.....	84
1.12. Жагловская А. В., Клещина М. Г., Морозов С. Н. Цифровизация экономики как элемент технологического суверенитета РФ.....	88

**Слово редактора**

Дорогие читатели, перед вами тридцатый с начала выпуска и четвертый в 2024 году номер журнала «Цифровая экономика». Всего за 7 лет мы выпустили 30 номеров журнала, из них 28 по плану (4 выпуска в год) и 2 внеочередных выпуска. Мы стараемся не допустить задержки с публикацией научных текстов, оформленных в соответствии с нашими требованиями и успешно прошедших рецензирование.

Вместе с тем, от авторов требуется готовить тексты сразу в том формате, в каком они могут быть опубликованы. Авторам настоятельно рекомендуется внимательно читать памятку, публикуемую на последней странице каждого выпуска журнала, и строго следовать рекомендациям. Это снимает часть забот и технической работы с команды, выпускающей журнал на общественных началах. В стандарте, получившем (независимо) названия *brilliant* и *platinum*. Можно относиться к этому с юмором, но помнить о последствиях. Статьи, подготовленные в точном соответствии с требованиями, пользуются приоритетом при рассмотрении вопроса о включении в очередной выпуск. В результате статьи, подготовленные без учета наших требований, продолжают ожидать официальной публикации с присвоением *doi* и других метаданных, от чего теряют только авторы, поскольку читателям их тексты доступны.

Основная тематика данного выпуска – работа с данными и искусственный интеллект, что связано с актуальностью этой тематики, включая особое внимание к ней со стороны высшего руководства России. Актуальность тематики нашла отражение и в статьях, присылаемых в журнал для публикации. Большая часть из них так или иначе касается искусственного интеллекта. Эта тема затрагивается в разных статьях с точки зрения математики, психологии, техники, экономики и приложений в разных областях.

Редакционная статья на сей раз связана не столько с остальными статьями данного выпуска, сколько с темой взаимодействия математики, информатики и экономики, проходящей сквозной магистралью через все выпуски. В статье излагается подход к математической теории экономического равновесия на основе последовательного применения принципа двойственности, привнесенного Л.В. Канторовичем из функционального анализа в выпуклый анализ, в линейное программирование и в экономику. Показано, что, следуя принципу двойственности, можно переписать все элементы известных моделей экономического равновесия на языке сопряженных пространств, сопряженных конусов и сопряженных полиэдров. Это позволяет очистить математические конструкции, используемые в теории общего экономического равновесия, от шлейфа идеологических догм, придать им в отдельных случаях новую интерпретацию и эффективно использовать в реальной экономике.

Следующая статья, представленная к.э.н. Александром Костиным, в основном посвящена данным, которые можно получить сегодня из независимых источников, и расчетам на их основе отраслевых ставок роялти в лицензионных договорах. Но основной акцент сделан на цифровом маркетинге и детальном анализе одного из серийных дел.

Остальные десять статей также связаны с обработкой данных и искусственным интеллектом в той или иной степени. Их разнообразие не позволяет уделить каждой из них достаточное внимание, а названия и авторов можно найти в оглавлении выпуска журнала.

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

Главный редактор журнала

д.э.н. А. Н. Козырев

# 1. НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

УДК: 004.82, 621.13

## 1.1. Принцип двойственности в математической теории общего равновесия

Козырев А. Н., ЦЭМИ РАН, г. Москва, Россия

*В статье излагается подход к математической теории экономического равновесия на основе последовательного применения принципа двойственности, привнесенного Л.В. Канторовичем из функционального анализа в выпуклый анализ, в линейное программирование и в экономику. Показано, что, следуя принципу двойственности, можно переписать все элементы известных моделей экономического равновесия на языке сопряженных пространств, сопряженных конусов и сопряженных полиэдров. Это позволяет очистить математические конструкции, используемые в теории общего экономического равновесия, от шлейфа идеологических догм, придать им в отдельных случаях новую интерпретацию и эффективно использовать в реальной экономике.*

### 1. Введение

Статья задумана и написана как очередной шаг к пониманию происходящего на стыке экономики, информатики и математики, и что можно сделать полезного в управлении экономикой, где вчерашние «эксперты» и властители дум очень быстро становятся лжепророками, а профессиональные оптимисты находят для себя новые фетиши. И дело тут не в смене мемов как таковой при переходе от плана к рынку или от цифровой экономики к экономике данных. Сама по себе она столь же безобидна, как и переход от брюк дудочкой к брюкам клеш или наоборот, если за этим не стоит идеология и отказ от чего-то фундаментального, как, например, от математики в экономике, поскольку «рынок все решит», «переход в цифру обеспечит» или «главное сегодня – работа с данными». Математические достижения, как это ни странно, тоже могут быть отвергнуты по идеологическим соображениям, а цена такого отказа высока, что не мешает нам раз за разом наступать «на те же грабли». В этом есть что-то общее с потерей части навыков при очередной смене интерфейса гаджетов или почтовых клиентов, еще больше – с потерей важной части культурного наследия при переходе народов с языка империи на свой национальный язык. Так и с математикой, забыть о ней в погоне за очередным мемом можно, сложно вернуться к ней.

Как и в предшествующих статьях, посвященных кризису экономической науки в условиях цифровизации, перспективах превращения её в доказательную науку [Козырев, 2024] или месту экономистов в экономике данных, далее речь пойдет о математических моделях, алгебраических свойствах информации, а также о недооценённых достижениях отечественных математиков у себя на родине. На сей раз в центре внимания принцип двойственности по Л. В. Канторовичу и возможности его применения в математических моделях общего равновесия. В силу ряда причин много внимания уделено идеологии, её негативному влиянию на экономическую науку, а через неё на применение математики в экономике. Речь не только об идеологии марксизма, оказавшей угнетающее воздействие на всю советскую науку, особенно на экономическую, где для этого всё же были причины. Идеология в такой же степени затронула теорию общего экономического равновесия (далее – ОЭР), истоки которой принято связывать с трудом Леона Вальраса [Walras, 1874], относительно недавно переведенным на русский язык [Вальрас, 2000], а её расцвет – со второй половиной 20-го века.

Раздел, следующий за настоящим введением, практически полностью посвящен идеологии и её влиянию на судьбу математических методов в экономике, а также на математическую теорию ОЭР. В следующем за ним разделе показано, как можно избавиться от влияния идеологии, следуя принципу двойственности. Речь идет не только о прямой и двойственной задаче линейного или (шире) математического программирования, но и о сопряженных конусах, сопряженных пространствах, а также о сопряженных полиэдрах. Далее идет раздел, посвященный применениям моделей равновесного типа в реальной экономике. В качестве примеров приводятся проекты, реализованные в СО АН СССР и позже в СО РАН. Завершает статью эпилог, играющий роль традиционного заключения.

### 2. Равновесные цены, идеология и принцип двойственности

Выдающийся японский экономист Митио Моришима, изучавший труды и Маркса, и Вальраса, считал обоих последователями Давида Рикардо, а истоки теории экономического равновесия и роста видел в его трудах. Возможно, он прав и в этом, но главное другое. Моришима старался перевести их работы на язык математики и выделить конструктивную составляющую. В переведенной на русский язык монографии [Моришима, 1972] фигурирует модель экономической динамики Маркса-фон Неймана, обычно называемая моделью Неймана без упоминания Маркса. Кроме того, Моришима написал трилогию книг, каждая из которых посвящена одному из этих трех авторов, то есть Карлу Марксу [Morishima, 1973], Леону Вальрасу [Morishima, 1977] и их общему предтече Давиду Рикардо [Morishima, 1989]. Случайно

или нет, но очень кстати теорию Маркса он называет двойственной теорией стоимости и роста. Похожий принцип очень хорошо подходит для очищения от идеологии теории ОЭР по Вальрасу. Это принцип двойственности. Своим основным достижением в экономике сам Канторович считал отнюдь не линейное программирование как алгоритм решения математических задач определенного типа, а открытие связи между двойственными переменными в задаче линейного программирования и ценами.

В этой связи уместно напомнить некоторые факты, связанные с личностью Л. В. Канторовича из истории применения математических методов в экономике СССР и кипевших вокруг этого страстей. В первую очередь это оценка его достижений и обвинения в его адрес. Для начала цитата о его достижениях из юбилейной (к 100-летию со дня рождения) статьи [Вершик, Кутателадзе, Новиков, 2012].

*«Важно то, что с высоты понимания тогдашнего функционального анализа, он, как и – почти одновременно – фон Нейман в США, сразу же осознал, что речь идет о применении основополагающих идей функционального анализа, в частности принципа двойственности, который ставит весь выпуклый анализ, созданное им линейное программирование и тем самым важную часть экономической науки на твердую основу. По мнению большинства математиков, это самое замечательное достижение Л. В. Оно является ярким примером глубокого воздействия математики на другие науки и, в частности, на экономическую деятельность современного общества».*

В этой цитате особо следует подчеркнуть «принцип двойственности, который ставит ... важную часть экономической науки на твердую почву». К теории ОЭР сказанное выше тоже относится, точнее, могло бы относиться, если бы не идеология и не регулярные подмены реальных экономических задач «сказками», заимствованными из экономической теории, пропитанной идеологией и в марксистском, и в неоклассическом исполнении. В том и другом случае причина подмен как раз в тесной связи между объективно обусловленными оценками по Канторовичу и равновесными ценами.

Если четко следовать принципу двойственности, «который ставит ... на твердую почву» часть экономической науки и выпуклый анализ, то практически любую модель экономического равновесия можно понимать как задачу многокритериальной оптимизации с ограничениями в виде равенств и неравенств, часть из которых включает двойственные переменные. Называть эти переменные ценами или нет – вопрос интерпретации. Идеология слишком часто идет рука об руку с интерпретацией, уводя в сторону от науки не только интерпретацию, но и направление исследований, включая математическую экономику.

Центральное понятие теории ОЭР – равновесные цены в условиях конкуренции, то есть цены, формируемые рынком и обеспечивающие равенство спроса и предложения, а при совершенной конкуренции еще и оптимальное распределение имеющихся ресурсов. Математическая теория ОЭР еще и красива.

Разумеется, в теории ОЭР есть много логически выверенных рассуждений и математических конструкций, включая теоремы о существовании равновесий, о конечности их числа и рассуждения о механизмах достижения равновесных цен. Но, как только в научном (по замыслу его автора) тексте появляется слово «цены», идеология входит в придуманный им мир «с развернутыми знаменами, трубами и барабанами». Цены – слишком чувствительная тема для подавляющего большинства людей, а потому рассуждать о них, не касаясь идеологии, не получается. Канторович назвал двойственные переменные в модели линейного программирования объективно обусловленными оценками, а не оптимальными ценами, предвидя обвинения в субъективизме. Не помогло. Обвиняли, писали доносы.

В советское время идеологические работники и политэкономы усматривали буржуазную идеологию в самой идее оптимальных цен на основе двойственных переменных, находя аналогии с математическими идеями западных исследователей, противопоставлявшимися марксизму. В 1964 году состоялась дискуссия между крупнейшими на тот момент математиками и экономистами, а в 1965 году вышла книга с расшифровкой стенограмм и небольшими комментариями. Примечательно, что отрывки, посвященные объективно обусловленным оценкам, выделены в отдельный раздел. Причина в том, что еще до публичной дискуссии содержание монографии [Канторович, 1960] вызвало серию обвинений в том, что вместе с математикой в советскую экономическую науку пытаются протолкнуть идеи маржинализма. Доносы, написанные до дискуссии, в эту книгу, разумеется, не вошли, но в выступлениях математиков Л. В. Канторовича и С.Л. Соболева ясно чувствуется реакция скорее на них, чем на выступления оппонентов в зале. И все же идеологическая атака на математические методы в экономике там состоялась. Яркий пример – выступление д.э.н., В.М. Колганова. Оно начинается с констатации исторического факта.

*«Первый вопрос — о марксизме и математике. Марксизм, конечно, никогда не выступал против математики, но марксизм всегда выступал против математической школы политической экономии, которая, кстати говоря, возникла раньше марксизма, в начале XIX в., и была постоянным врагом марксизма и остается таковой по настоящий день» [экономисты и математики, 1965, С. 163].*

В этом абзаце можно усмотреть, как минимум, перебор идеологической бдительности или непонимание сути математических методов, что далее (в его речи) находит определенное подтверждение. Но выступающий говорит не о математических методах в экономике, а о чистой политэкономии, частично

переведённой на язык математики. А следующий абзац того же выступления вообще не о математических методах, а о политике и образовании.

*«Есть ли опасность в том, что вместе с применением математики к нам проникнут и неправильные идеи, которые защищает эта математическая школа? Есть. Молодежь слишком увлекается математическими методами, а наш книжный рынок наводнен переводной буржуазной литературой. И если в специальной математической литературе по применению линейной алгебры не развиваются все социальные идеи математической школы, то в ряде случаев они подразумеваются. И молодежь усваивает их».*

Сказано это в 1964 году. Сегодня (в 2024) понятно, что здесь М.В. Колганов формально неправ в части «линейной алгебры», которая была и осталась алгеброй. Но он оказался прав в том, какие идеи подразумеваются «в ряде случаев», если вспомнить не только итоги перестройки, но и путь к ним.

На этом пути были и чисто теоретические обсуждения идей общего равновесия, и осторожные попытки рассуждений о переходе к рынку, и ошеломляющий успех выступлений «рыночных экстремистов» Ларисы Пияшевой и Виталия Найшуля на публичных мероприятиях в конце 80-х – начале 90-х прошлого века. Благодаря использованию ярких образов, эмоциональности выступлений (и предельному упрощению ключевых идей экономического равновесия на конкурентном рынке) рыночные экстремисты затмили академиков-экономистов, выступавших с рыночными идеями. Теоретические идеи Вальраса и его последователей были восприняты рыночными экстремистами и преподносились ими широкой аудитории как прямое руководство к действию, а промедление с действиями со стороны реформаторов – как предательство этих идей. Общество или, точнее, часть общества, воображающая себя думающей, оказалась полностью подготовленной для восприятия «идей рынка» именно в таком виде. После 1991 года идеология, заложенная в работах по теории общего равновесия, стала господствующей в России, причем в более агрессивной форме, чем в США. Особенно ярко это проявляется в том, как действуют анти-монопольные органы в США и в России. А в публикациях это иногда выглядит просто курьёзно. Например, много восторженных, но не всегда точных слов сказано в предисловии к [Вальрас, 2000].

*Логическая стройность и математическая строгость, отличающие теорию Вальраса, естественные для математиков, но отнюдь не характерные для экономистов, вызывали восхищение многих поколений экономистов. [Вальрас, 2000. С. VI]*

Или еще там же.

*Все здание теории Вальраса построено на основе двух основополагающих гипотез — максимума удовлетворения, или полезности, и равенства спроса и предложения для всех товаров. Эти гипотезы определяют и предмет анализа — состояние равновесия, причем, если первая задает равновесие как состояние каждого отдельного экономического субъекта, то вторая фиксирует равновесие как состояние системы взаимодействующих субъектов в целом. [Вальрас, 2000. С. VI]*

С точки зрения математика «логическая стройность и математическая строгость» теории Вальраса не так уж далеко ушли от теории Маркса. А идеологическая составляющая в ней не просто присутствует, а доминирует. Просто она имеет принципиально иную направленность. Никакого взаимодействия субъектов в модели Вальраса нет, есть именно гипотеза, или «сказка» о том, что такое состояние достигается в результате некоторой процедуры «нащупывания», напоминающей аукцион. Строго говоря, нет и модели с полным набором условий существования решения и приписываемых ему свойств. Все это появилось много позже и полностью оформилось в математическую теорию примерно через сто лет усилиями многих математиков, сохранив при этом родимые пятна исходной идеологии.

Идея Вальраса о том, что свободная конкуренция множества независимых экономических агентов приведет к равновесию с оптимальным распределением ресурсов и равновесными ценами, ясно просматривается в работах Дебрё и его последователей, включая почти всех, кого он упоминает в программной докладе [Debreu, 1974] о четырех аспектах математической теории экономического равновесия и в нобелевской речи 1983 года. Несколько особняком в этом ряду упоминаемых стоит Стефан Смейл, чей интерес к теории ОЭР возник в связи с обобщением теории Морса [Смейл, 1972] путем перехода от оптимизации по одному критерию к многокритериальной оптимизации и, соответственно, к понятию оптимальности по Парето, заимствованному из теории ОЭР. В итоге Смейл обобщил понятие оптимальности по Парето, распространив его на случай гладких многообразий, доказал несколько новых теорем и изложил их в серии статей под общим названием "Global analysis and economics", стараясь не отклоняться от общей линии. Среди этих работ особо стоит выделить [Smale, 1973, 1975, 1976], где Смейл вводит в модель динамику, частично уходя от общей для теории ОЭР идеологии.

### **3. Принцип двойственности, уравнение Вальраса и оптимальные цены**

Для иллюстрации принципа двойственности применительно к моделям равновесия вальрасовского типа имеет смысл вернуться к гипотезам, на которых построено все «здание теории Вальраса», но в современной (математической) их интерпретации. Частично она основана на обобщенной теории Морса

по Смейлу, или (шире) на теории гладких многообразий, а частично – на теории негладкой оптимизации [Демьянов, Васильев, 1972], а через нее – на теории выпуклых многогранников [Александров, 1950].

В модели обмена с  $m$  агентами и  $l$  продуктами, традиционно используемой для демонстрации идей из [Вальрас, 2000] предполагается, что продукты изначально распределены между агентами, т.е. задан вектор  $(w_1, \dots, w_m) \in R_+^{lm}$ , именуемый начальным распределением продуктов, которые могут перераспределяться между агентами, приводя к распределениям вида  $(x_1, \dots, x_m) \in R_+^{lm}$ , где

$$\sum_{i=1}^m x_i \leq \sum_{i=1}^m w_i, \quad (1)$$

то есть суммарное потребление продуктов не превышает их суммарного количества, но продукты могут использоваться не полностью. Цены в экономике чистого обмена с  $l$  продуктами принято понимать как  $l$ -мерный неотрицательный вектор  $p$ , нормированный тем или иным способом. Цена произвольного продуктового набора  $x_i$  – скалярное произведение этих двух векторов, обозначаемое далее  $\langle p, x \rangle$ . Равенство

$$\left\langle \sum_{i=1}^m (w_i - x_i), p \right\rangle = 0, \quad p \in R_+^l, \quad (2)$$

известное как закон Вальраса, очень похоже на условие дополняющей нежесткости в задаче линейного программирования, что имеет под собой определенные основания. В самом деле, с учетом неотрицательности вектора  $p$  и неравенства (1) из уравнения (2) следует, что ненулевым компонентам  $p$  соответствуют нулевые компоненты  $\sum_{i=1}^m (w_i - x_i)$  и наоборот.

В линейном программировании условие дополняющей нежесткости – необходимое и достаточное условие оптимальности. Содержательно оно означает, что ограничения, соответствующие нулевым двойственным переменным, «не работают» (так как выполняются в виде строгих неравенств). Важно здесь именно то, что ненулевые двойственные переменные могут соответствовать только ограничениям в виде равенств, при этом неотрицательность двойственных переменных не требуется. В «сказке» про равновесие нулевой цене продукта соответствует его избыточное предложение. Интуитивно понятно, что так и должно быть для оптимальности по Парето. Если есть избыточный продукт, то он избыточен для всех, иначе его можно перераспределить с пользой для кого-то. Если это невозможно, то у всех агентов соответствующие компоненты двойственных переменных нули. Но это – интерпретация на языке экономики. В каких-то случаях она помогает понять суть дела, в каких-то мешает. В данном случае интерпретация помогает понять роль закона Вальраса в модели, но мешает видеть за ней геометрию.

Максимум удовлетворения или полезности для отдельного экономического агента можно формально описать разными способами. Так, в [Debreu, 1972] рассматриваются три варианта представления интересов отдельных экономических агентов: (1) функции спроса; (2) отношения предпочтения (3); функции полезности. Показано, что все три варианта в каком-то смысле эквивалентны, то есть при выполнении достаточно естественных условий гладкости, монотонности и выпуклости они приводят к одинаковым результатам. Вариант (1) удобен для доказательства теорем существования и конечности числа равновесий, но слишком привязан к интерпретации и идеологизирован. Вариант (3) наиболее точно соответствует исходной идее Вальраса и подходу Смейла, но критикуем Дебрё, так как «полезность невозможно наблюдать или хотя бы нарисовать. Вариант (2) при  $l = 2$  позволяет нарисовать линию уровня функции полезности, или кривую безразличия (в терминах предпочтений).

Все это можно переписать еще и на языке сопряженных конусов, что более соответствует принципу двойственности и позволяет ослабить требования гладкости [Демьянов, Васильев, 1981]. Если кривая безразличия гладкая, то конус желательных направлений в любой ее точке – открытое полупространство, сопряженный к нему конус – луч, ортогональный касательной гиперплоскости в той же точке. Если рассматривать касательную гиперплоскость как конус, то сопряженный конус – ортогональная к ней и проходящая через точку касания прямая. Эти же луч и прямую можно получить из градиента функции полезности, если она гладкая. А можно с самого начала считать, что предпочтения заданы как градиенты гладких функций, или как векторные поля. Этот подход легко обобщается на кусочно-гладкий случай.

Еще одна важная деталь моделей равновесия – бюджеты экономических агентов. В модели чистого обмена бюджет агента  $i$  полагается равным  $\langle \bar{p}, w_i \rangle$ , где  $\bar{p}$  – вектор равновесных цен. Согласно «сказке» агент продает весь свой начальный запас по ценам равновесия, а на вырученную сумму покупает наиболее предпочтительный при данных бюджете и ценах продуктовый набор  $\bar{x}_i$ . То есть требуется выполнение неравенства  $\langle \bar{p}, \bar{x}_i \rangle \leq \langle \bar{p}, w_i \rangle$  для каждого  $i$ , которое при условии (2) превращается в равенство. Уязвимость гипотезы о продаже всего для критики с позиций здравого смысла слишком очевидна, но таковы правила игры, это надо принять как должное. Включение в модель дополнительных условий типа перераспределения части доходов через налоги [Зак, 2010] или распределения части начальных запасов по твердым ценам с перепродажей по рыночным [Зак, 2023] не добавляет убедительности. Модель статична, а бюджет агента так или иначе формируется. В этом смысле любое правило его формирования точно не хуже всех остальных. Далее математики начинают исследовать вопросы существования, локальной единственности и устойчивости состояний равновесия. С глобальной единственностью не получается, речь идет лишь о конечности числа равновесий. Получается очень красивая математическая теория, где математики творят, а экономисты ссылаются на их результаты, когда это им удобно.

Если забыть на время о «ценах» и «бюджетах», но не о предпочтениях или функциях полезности, то получим задачу многокритериальной оптимизации, или, точнее, задачу распределения ограниченных ресурсов между  $m$  независимыми агентами. Оптимальность здесь понимается по Парето, то есть нельзя путем перераспределения ресурсов улучшить положение ни одного агента, не ухудшая положение ни одного другого. Смейл, обобщил понятие оптимальности по Парето на случай локальных экстремумов и ввел в оборот понятие расширенного равновесия.

Сразу стоит заметить, что в условиях [Smale, 1973, 1975, 1976], где критерии оптимальности заданы гладкими функциями полезности  $u_i$ , оптимальность  $(x_1, \dots, x_m)$  по Парето соответствует пропорциональности градиентов всех целевых функций, то есть  $\nabla u_i(x_i) \propto \nabla u_j(x_j)$ , для любых  $i$  и  $j$ . Здесь  $\propto$  – символ пропорциональности. Компоненты векторов  $\nabla u_i(x_i)$  – двойственные переменные или (в переводе на язык теории равновесия) предельные полезности ресурсов (продуктов) для агента  $i$ . Можно переформулировать тот же признак, то есть говорить, что  $(x_1, \dots, x_m)$  оптимальное распределение ресурсов, если найдется вектор цен  $p$ , которому пропорциональны все  $\nabla u_i(x_i)$ . Но тогда возникает вопрос о том, откуда эти цены берутся. Согласно Вальрасу, они определяются в процессе «нащупывания», где все агенты предварительно объявляют свои представления о ценах, а потом договариваются и обмениваются. Эта «сказка» живет и сегодня [Зак, 2023]. Но не выглядит сколько-нибудь убедительно.

Сюжет, предлагаемый в [Smale, 1973, 1976] – попытка ввести в модель динамику, но интересен он еще и тем, как определяются цены и направление движения к границе Парето в каждой точке пути, или (иными словами) в каждый момент времени. Если на момент  $t$  состояние  $x(t) = (x_1(t), \dots, x_m(t))$  не является оптимальным по Парето, то для каких-то  $i$  и  $j$  найти подходящий вектор обмена достаточно просто. Можно сложить векторы  $\nabla u_i(x_i(t))$ , в качестве  $p(t)$  взять нормализованную сумму, то есть

$$p(t) = \frac{\sum_{i=1}^m \nabla u_i(x_i(t))}{\sqrt{\langle \sum_{i=1}^m \nabla u_i(x_i(t)), \sum_{i=1}^m \nabla u_i(x_i(t)) \rangle}}. \quad (3)$$

Направление обмена для каждого  $i$  можно получить по формуле

$$\Delta x_i(t) = \nabla u_i(x_i(t)) - \mu_i p(t), \quad \mu_i = \langle \nabla u_i(x_i(t)), p(t) \rangle.$$

Тогда  $\langle \nabla u_i(x_i(t)), \Delta x_i(t) \rangle > 0$  для каждого  $i$ , а сумма  $\Delta x_i(t)$  по всем  $i$  равна нулю. Иначе говоря, вектор  $(\Delta x_1(t) \dots \Delta x_m(t))$  – направление инфинитезимально малого обмена.

Изложенная выше схема с некоторыми поправками распространяется на случай, когда функции  $u_i$  кусочно-гладкие. Тогда при некоторых  $t$  функция  $u_i$  для каждого  $i$  имеет вид

$$u_i(x_i(t)) = \min_j v_{ij}(x_i(t)), \quad j \in J_i(x_i(t)),$$

где  $v_{ij}$  для всех  $i$  и  $j$  – гладкие функции. Функции  $u_i$  указанного вида квазидифференцируемы, причем квазидифференциал в точке  $x_i(t)$  представим в виде  $(\bar{\partial} u_i(x_i(t)), 0)$ , где  $0 \in R^l$  – субдифференциал, а

$$\bar{\partial} u_i(x_i(t)) = \text{co}\{\nabla v_{ij}(x_i(t)), j \in K_i(x_i(t))\},$$

– супердифференциал  $u_i$  в  $x_i(t)$ , где набор  $K_i(x_i(t)) \subset J_i(x_i(t))$  задан условием

$$K_i(x_i(t)) = \{j \in J_i | v_{ij}(x_i(t)) = u_i(x_i(t))\}.$$

Смысл выделения подмножества  $K_i(x_i(t))$  состоит в том, что ненулевые множители могут иметь градиенты функций  $v_{ij}$  только с минимальными значениями [Demyanov, Rubinov, 1995].

Решая задачу квадратичного программирования

$$\sum_{i=1}^m \langle g_i - \gamma_i p, g_i - \gamma_i p \rangle \rightarrow \min, \quad g_i \in \bar{\partial} u_i(x_i(t)), \gamma_i \in R_+ \forall i; p \in R^l, \quad (4)$$

получим вектор цен  $p(t)$  и набор коэффициентов  $\{\gamma_i\}_{i=1}^m$ , для которых выполняются условия

$$\langle g_i(t) - \gamma_i(t)p(t), g_i \rangle \geq 0 \forall g_i \in \bar{\partial} u_i(x_i(t)), \sum_{i=1}^m \langle g_i(t) - \gamma_i(t)p(t), g_i \rangle = 0, \quad (5)$$

причем для некоторых  $i$  неравенства строгие. Точнее, в ситуации общего положения, достижимого сколь угодно малым «шевелением», неравенства строгие для всех  $i$ . Иначе говоря, получается направление обмена  $(\Delta x_1(t) \dots \Delta x_m(t))$ , где  $\Delta x_i(t) = g_i(t) - \gamma_i(t)p(t)$ , улучшающее положение всех агентов.

#### 4. Равновесные решения и цены в реальной экономике

В реальной экономике ограничения очень часто подразумеваются, а не формулируются в явном виде, но об их существовании нужно знать или, как минимум, догадываться. То есть задача выглядит совсем не так, как в теории, где каждый агент ориентируется только на цены, но и не так, как задача многокритериальной оптимизации из учебника. Есть определенное сходство с тем, что рассматривается как инфинитезимальной обмен в [Смейл, 1972] при движении к тому, что там называется критической точкой, а потом в [Smale, 1976] при движении к границе Парето в экономике чистого обмена. В реальности очень трудно бывает представить, как выглядит граница Парето, поскольку всегда есть неизвестные на данный момент ограничения. Можно выбрать лишь направление изменений (обмена), при движении по которому улучшаются показатели по всем критериям. Но при движении в выбранном направлении

такие ограничения выявляются. Их надо учитывать и корректировать направление. То есть возникает именно та ситуация, которая описывается формулами (4) и (5), с той лишь поправкой, что обнаруживаются дополнительные ограничения, а не ортогональные к ним градиенты функций полезности.

Также следует учитывать, что имеющиеся данные, на основе которых строится модель, практически всегда весьма скудны. Приходится экстраполировать значения функций, используемых в описании модели на промежуточные участки. При этом обычно нет смысла использовать сколько-нибудь сложные функции. Чаще всего используются линейные или кусочно-линейные функции, иногда квадратичные, а также CES-функции и некоторые другие достаточно простые функции, с которыми удобно работать. Но чаще всего для реальных расчетов используются модели, в которых все или почти все ограничения линейны, а целевые функции кусочно-линейны. На самом деле задачи линейного программирования и задачи с кусочно-линейными функциями полезности – один тип задач, записанных на немного разном математическом жаргоне. Супердифференциал кусочно-линейной функции соответствует множеству решений двойственной задачи линейного программирования, когда оно определяется неоднозначно.

Для решения задач квадратичного программирования (4) достаточно давно разработаны эффективные алгоритмы [Булавский, 1973]. А потому описанная выше схема в реальных задачах приводит к решению в конечном числе шагов. Описанная схема была реализована [Козырев, 1975] в блоке Перспективное планирование «АСУ-Прибор». Теоретически в конечном числе шагов достигается оптимальное по Парето решение (точка на границе Парето). Однако на практике предприятия в советское время не очень стремились раскрывать свои полные возможности, опасаясь получить плановое задание на пределе этих возможностей, а на следующем этапе – за пределами с последующими оргвыводами. Именно это тормозило использование линейного программирования и математических методов. Сегодня проблема с достоверностью отчётности в части имеющихся возможностей и ограничений никуда не исчезла. А потому можно с относительной уверенностью говорить лишь о текущем состоянии и возможных обменах.

В чем-то похожая конструкция рассматривалась в [Козырев, 1981] применительно к задаче об использовании нескольких посевных площадей под посевы разных культур. Она возникла из статичной задачи по расчету цен и рентных платежей, где за основу принималось текущее распределение посевов культур по площадям [Вирченко, Шестакова, 1977]. В качестве ограничений в этой задаче выступали площади участков, а в качестве цели рассматривалась совокупная цена всего урожая при текущих закупочных ценах. Текущее решение (фактическое использование площадей) было заведомо неоптимально, то есть оно не было оптимальным ни при каких закупочных ценах. Однако подразумевалось наличие каких-то дополнительных ограничений или целей помимо заявленных.

Реальные расчеты с применением моделей равновесия вальрасовского типа (наряду с теоретическими исследованиями) проводились в различных институтах СО АН СССР, а сейчас продолжают проводиться в институтах СО РАН и Новосибирском государственном университете в основном по региональной тематике [Гамидов, Доможиров, Ибрагимов, 2013]. Такая тенденция установилась, начиная с работы [Рубинштейн, 1983], где в качестве экономических агентов выступают отдельные страны или объединенные по каким-то признакам группы стран, а позже регионы Сибири и Дальнего Востока. В это же время и в непосредственной связи с началом исследований А.Г. Рубинштейна развивался оригинальный подход к решению линейных задач данного типа [Шмырев, 1983, 2014, 2020], выросший со временем в теорию сопряженных полиэдров и эффективный метод численного решения линейных задач равновесного типа. Среди теоретических работ с применением достаточно сложной математики и привязкой к региональной тематике также стоит отметить [Васильев, Суслов, 2010].

Не менее интересно рассмотреть ситуацию, когда предпочтения отдельных агентов независимы и могут быть представлены гладкими кривыми безразличия или функциями полезности, но переменные  $y_j$ , описывающие потребление разных экономических агентов, связаны неравенством

$$\max_{j \in N} y_j \leq \max_{j \in N} z_j \quad N = \{1, 2, \dots, n\}, y_j, z_j \in R_+^s \quad (6)$$

где  $s$  – натуральное число. Иначе говоря, вместо операции суммирования используется операция максимума. Замена операции сложения операцией максимума при сохранении обычного умножения и ограничении в использовании только неотрицательных чисел дает полуполе, над которым можно построить вполне полноценную математику. Но вернемся к условию (6).

Обозначения переменных изменены по той причине, что речь идет о продуктах совсем иного типа. Например, это могут быть базы данных. Если не вводить искусственных ограничений, то любой из имеющихся баз данных может пользоваться любой экономической агент независимо от того, кому она принадлежит (кем создана и т.д.). Понятия «больше» или «меньше» можно трактовать как полноту той или иной базы данных. Разные компоненты векторов  $y_j, z_j$  можно понимать как разную специализацию баз данных и т.д. С непривычки может показаться, что здесь есть некоторые натяжки, но это временно. Такие условия есть и в моделях с обычными продуктами. Число домов или поголовье скота не бывает дробным. Но ни то, ни другое не мешает переходить от дискретных моделей к непрерывным, если надо.

Задачу с ограничением (6) лучше начать рассматривать, когда есть только один продукт, то есть  $y_j$  и  $z_j$  надо понимать как числа, но для разных  $j$  они, вообще говоря, разные. Точнее, в общем положении равенства нет, то есть при небольшом «шевелении» различие сохраняется, равенство – нет. Задача, решаемая для каждого  $j$  при естественных предположениях монотонности, оказывается тривиальной.

Надо просто выбрать максимальный  $z_j$ , то есть выбрать  $\bar{j}$ , при котором  $z_{\bar{j}} \geq z_j$  для любого  $j$ . Если продуктов много, то каждому продукту  $k$  в условиях общего положения будет соответствовать свой  $\bar{j}(k)$ . Разумеется, можно рассмотреть ситуации, когда не все  $y_j$  совпадают с покомпонентным максимумом  $z_j, j \in N$ , а некоторые  $\bar{j}(k)$  определяются неоднозначно. Технически в этом нет особой сложности, но есть дополнительные возможности для рассуждений о монополизме и ценах, а вместе с ними и для идеологических спекуляций. Вместе с тем, именно здесь математика может помочь увидеть такие эффекты и решения, которые очень трудно увидеть без неё, а увидев, трудно доказать, что ты их видишь. Проблема экономической теории в том, что идеология всегда диктует правила отбора деталей, которые с ней вяжутся, отменяя те из них, что не вяжутся. Теория ОЭР – не исключение.

Если переводить сказанное выше на язык экономики, то получается, что в идеале нужен только один производитель каждого продукта, то есть идеал – монополия. Если производителей больше, то можно говорить о напрасной трате средств. Но система, где все в единственном экземпляре, чрезвычайно уязвима. Многие продукты производятся в наборе, типичный пример из экономической теории – шкуры и мясо овец. А в наукоемком секторе такое встречается часто, многие великие изобретения появились как побочные продукты. Изобретения – продукты типа  $y_j$ , если на их использование не наложены ограничения путем патентования или засекречивания. То же касается программных продуктов, баз данных и много чего еще, различаются лишь инструменты правовой охраны. Все это – важные детали, а потому всегда приходится делать выбор между тем, что включать в модель, а что не включать. Здесь напрашивается образ сечения. Многие известные кривые получаются как сечения конуса. Нечто подобное применимо и к построению математических моделей. Сечение выбирается в зависимости от цели.

Переходя к вопросу о двойственных переменных, прежде всего важно отметить, что замена связующего неравенства (1) на неравенство (6) приводит к радикальному изменению связей между двойственными переменными, интерпретируемыми как цены. Оптимальные двойственные переменные здесь различаются для разных  $j$  как «потребителей» и составляют в сумме цену для  $\bar{j}$  как «поставщика». Если вдуматься, то можно увидеть нечто подобное, но частично скрытое под ворохом деталей, в положении Google на рынке некоторых цифровых продуктов и услуг. А еще интереснее вопрос об оптимальных двухкомпонентных ценах [Козырев, 2023], давно используемых в наукоемких секторах экономики. Это и цены в лицензионных договорах, и тарифы на связь.

### Эпилог

Подводя итог сказанному, можно с уверенностью утверждать, что идеология продолжает мешать применению математики в экономике, хотя старые догмы, казалось бы, сняты. Принцип оптимальности по Парето в настоящее время обобщен С. Смейлом и применим в любой задаче оптимизации, где есть набор критериев или целевых функций числом более единицы. Изначально он был введен Вильфредо Парето именно для модели обмена, поставив тем самым идею Вальраса на твердую математическую почву. Это важно в данном контексте по той причине, что с именем Парето связан не только этот математический принцип, но и определенная идеология, а именно, идеология итальянского фашизма, что давало советским идеологическим работникам пищу для спекуляций, тогда как наша цель – уйти и от идеологии, и от лишних ограничений, связанных со «сказкой» о равновесии как о состоянии, достижимом и оптимальном в условиях совершенной конкуренции. Но «сказка» о формируемых рынком равновесных ценах (не без участия антимонопольных служб), продолжает жить.

Зависимость от идеологии удалось преодолеть разве что Митию Моришиму, считавшему Маркса и Вальраса последователями Рикардо, внесшими достойный вклад в науку и одинаково заслуживающими уважения. Возможно, именно эта сдержанность привела к тому, что его книга о равновесии и росте относительно редко цитируется. Спросом пользуются, прежде всего, идеологически ангажированные публикации. Идет ли речь о преимуществах плановой или рыночной экономики, в обоих случаях основной идеологический посыл должен быть ясен, тогда есть сторона, готовая за него платить, есть сообщество, готовое такую работу читать и цитировать. Если идеологии нет, то аудитория сужается, число интересантов сокращается, а спрос на такие публикации падает. Применение сложной математики тоже работает отнюдь не на спрос, скорее по принципу: «Осторожно, злая собака, а кот вообще отморозок».

### Литература

1. Александров А.Д. (1950) Выпуклые многогранники. — М.-Л.: Гостехиздат, 1950. — 428 с.
2. Булавский В.А. (1973) Один специальный алгоритм квадратичного программирования. - В кн.: Оптимизация. Вып. 5(22), Новосибирск, 1973, — 23–36.
3. Вальрас Л. (2000) Элементы чистой политической экономии. — М.: Изограф, 2000. - 448 с. ISBN 5-87113-102-
4. Васильев В. А., Суслов В. И. (2010) Равновесие Эджворта в одной модели межрегиональных экономических отношений // Сиб. журнал индустриальной математики. 2010. Т. 13, № 1. — 18–33.
5. Вершик А. М., Кутателадзе С. С., Новиков С. П. (2012) Леонид Витальевич Канторович (к 100-летию со дня рождения), УМН. 2012, том 67, выпуск 3(405), — 185–191, DOI: [10.4213/rm9475](https://doi.org/10.4213/rm9475)

6. Вирченко М. И., Шестакова Н. В. Экономическим анализ оценок продукции и ресурсов в задачах размещения сельскохозяйственного производства. - В кн.: Проблемы экономической кибернетики в сельском хозяйстве. Новосибирск, 1977, -. 34–54.
7. Гамидов Т.Г., Доможиров Д.А., Ибрагимов Н.М. (2013) Равновесные состояния открытой межрегиональной системы, порожденной оптимизационной межрегиональной межотраслевой моделью. – ISSN 1818–7862. Вестник НГУ. Серия: Социально-экономические науки. 2013. Том 13, выпуск 3, – 81–94.
8. Демьянов В.Ф. Васильев Л.В. (1981) Недифференцируемая оптимизация. М.: Наука, 1981. – 384 с.
9. Зак Ф. Л. (2010) Налогообложение в вальрасовской экономике. *Журнал Новой экономической ассоциации* №6, – 30–60.
10. Зак Ф.Л. (2023) Рационализация и рынок: структура и устойчивость равновесий // Экономика и математические методы – 2023. – Том 59. – № 2, 68–86, DOI: 10.31857/S042473880025860-5
11. Канторович Л.В. (1960) Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. Изд-во Академии наук СССР, 1960 - 346 с.
12. Козырев А. Н. Оптимальные двухкомпонентные цены в экономиках с возрастающей отдачей // *Цифровая экономика* № 1(22), 2023 – 54–64. DOI: [10.34706/DE-2023-01-07](https://doi.org/10.34706/DE-2023-01-07)
13. Козырев А.Н. (2024) Мультидисциплинарный подход как шанс на спасение экономической науки (от экономистов) // *Цифровая экономика* № 1(27), 2024 – 5–13. DOI: [10.34706/DE-2024-01-01](https://doi.org/10.34706/DE-2024-01-01)
14. Козырев А. Н. Об одном алгоритме многоцелевого планирования. (на примере размещения закупок сельскохозяйственной продукции по районам области). - В кн.: Численные методы оптимизации и их приложения. Иркутск, 1981, – 72–83.
15. Козырев А.Н. (1975) Оптимизация распределения ресурсов в системе линейных моделей производства - В кн.: Оптимизация. Вып. 165(33), Новосибирск, 1975, – 61–72.
16. Моришима, М. (1972) Равновесие, устойчивость, рост: Многоотраслевой анализ = Equilibrium, Stability and Growth: A multi-sectoral analysis (1964) / Под общ. ред. В. Л. Макарова — М.: Наука, 1972. — 279 с.
17. Рубинштейн А. Г. (1983) Моделирование экономических взаимодействий в территориальных системах. Новосибирск: Наука, 1983. – 238 с.
18. Шмырев В. И., (1983) Об одном подходе к отысканию равновесия в простейших моделях обмена, Докл. АН СССР, 1983, Т. 268, № 5, – 1062–1066
19. Шмырев В. И., (2014) Алгоритмы полиэдральной комплементарности для отыскания равновесия в линейных моделях конкурентной экономики // *Дискретный анализ и исследование операций*. 2014. Т. 21, № 2. – . 84–101.
20. Шмырев В. И., (2020) Двойственность в линейных экономических моделях обмена // *Тр. Ин-та математики и механики УрО РАН*. - 2020. - Т. 26. - № 3, – 258–274
21. Смейл С. (1972) Глобальный анализ и экономика, I. Оптимум Парето и обобщение теории Морса / *Успехи математических наук*, т. XXVII, вып. 3(165). – 177–187.
22. Экономисты и математики (1965) Экономисты и математики за круглым столом 1965
23. Debreu G. (1972) Smooth Preferences. *Econometrica* 40, – 603–616.
24. Debreu G. (1974) Four Aspects of the Mathematical Theory of Economic Equilibrium. *Proceedings of the International Congress of Mathematicians*. Vancouver, 1974. – 65–77.
25. Demyanov, V. F. and Rubinov A. M., (1995), "Constructive Nonsmooth Analysis," Verlag Peter Lang, New York, 1995
26. Michio Morishima (1973) *MARX'S ECONOMIC'S A dual theory' of value and growth*. Cambridge University Press 1973.
27. Michio Morishima (1977) *Walras's Economics: A pure theory of capital and money*, 1977
28. Michio Morishima (1989) *Ricardo's Economics*, 1989.
29. Smale, S. (1975) Global analysis and economics. *Synthese Volume Issue 31*, p. 345–358 (1975). <https://doi.org/10.1007/BF00485983>
30. Smale, S. (1976), Exchange processes with price adjustment, *Journal of Mathematical Economics*, Elsevier, vol. 3(3), – 211-226.
31. Smale, S. (1973) Global analysis and economics. I. Pareto optimum and a generalization of Morse theory. In: *Dynamical systems (Proc. Sympos., Univ. Bahia, Salvador, 1971)*, – 531-544. Academic Press, New York (1973)

#### References in Cyrillics

1. Aleksandrov A.D. (1950) *Vy`pukly`e mnogogranniki*. — М.-Л.: Gostexizdat, 1950. — 428 s
2. Bulavskij V.A. (1973) *Odin special`ny`j algoritm kvadratičnogo programmirovaniya*. - V кн.: *Optimizaciya*. Vy`p. 5(22), Novosibirsk, 1973, – 23–36.
3. Val`ras L. (2000) *E`lementy` chistoj političeskoj e`konomii*. — М.: Izograf, 2000. - 448 s. ISBN 5-87113-102-6
4. Vasil`ev V. A., Suslov V. I. (2010) *Ravnovesie E`dzhvorta v odnoj modeli mezhregional`ny`x e`konomičeskix otnoshenij* // *Sib. zhurnal industrial`noj matematiki*. 2010. Т. 13, № 1. S. 18–33.

5. Vershik A. M., Kutateladze S. S., Novikov S. P. (2012) Leonid Vital'evich Kantorovich (k 100-letiyu so dnya rozhdeniya), UMN. 2012, tom 67, vy'pusk 3(405), – 185-191 DOI: 10.4213/rm9475
6. Virchenko M. I., Shestakova N. V. E'konomicheskim analiz ocenok produkcii i resursov v zada-chax razmeshheniya sel'skoxozyajstvennogo proizvodstva. - V kn.: Problemy' e'konomicheskoy kibernetiki v sel'skom xozyajstve. Novosibirsk, 1977, – 34-54.
7. Gamidov T.G., Domozhirov D.A., Ibragimov N.M. (2013) Ravnovesny'e sostoyaniya otkry'toj mezh-regional'noj sistemy', porozhdennoj optimizacionnoj mezhregional'noj mezhotraslevoj mo-del'yu. – ISSN 1818-7862. Vestnik NGU. Seriya: Social'no-e'konomicheskie nauki. 2013. Tom 13, vy'pusk 3, – 81–94.
8. Dem'yanov V.F. Vasil'ev L.V. (1981) Nedifferenciruemaya optimizaciya. M.: Nauka, 1981. – 384 s.
9. Zak F. L. (2010) Nalogooblozhenie v val'rasovskoj e'konomike. Zhurnal Novoj e'konomicheskoy asociacii №6, – 30–60.
10. Zak F.L. (2023) Racionirovanie i ry'nok: struktura i ustojchivost' ravnovesij // E'konomika i matematicheskie metody' – 2023. – Tom 59. – № 2, 68–86, DOI: 10.31857/S042473880025860-5
11. Kantorovich L.V. (2011) Matematiko-e'konomicheskie raboty' / L. V. Kantorovich. — Novosibirsk: Nauka, 2011. — 760 s. — (Izbranny'e trudy'). ISBN 978-5-02-019076-4.
12. Kozyrev A. N. Optimal'ny'e dvuxkomponentny'e ceny' v e'konomikax s vozrastayushhej otdachej // Cifrovaya e'konomika № 1(22), 2023 – 54–64. DOI: 10.34706/DE-2023-01-07
13. Kozyrev A.N. Cifrovizaciya, matematicheskie metody' i sistemny'j krizis e'konomicheskoy nauki //Cifrovaya e'konomika № 4(8), 2019 – 1-20, DOI: 10.34706/DE-2019-04-01
14. Kozyrev A. N. Ob odnom algoritme mnogocелеvogo planirovaniya. (na primere razmeshheniya zakupok sel'skoxozyajstvennoj produkcii po rajonom oblasti). - V kn.: Chislenny'e metody' optimizacii i ix prilozheniya. Irkutsk, 1981, – 72–83.
15. Kozyrev A.N. (1975) Optimizaciya raspredeleniya resursov v sisteme linejny'x modelej proizvodstva - V kn.: Optimizaciya. Vy'p. 165(33), Novosibirsk, 1975, – 61–72.
16. Morishima, M. (1972) Ravnovesie, ustojchivost', rost: Mnogootraslevoj analiz = Equilibrium, Stability and Growth: A multi-sectoral analysis (1964) / Pod obshh. red. V. L. Makarova — M.: Nauka, 1972. — 279 s
17. Rubinshtejn A. G. (1983) Modelirovanie e'konomicheskix vzaimodejstvij v territorial'ny'x sistemax. Novosibirsk: Nauka, 1983. 238 s.
18. Shmyrev V. I., (1983) Ob odnom podxode k oty'skaniyu ravnovesiya v prostejshix modelyax obmena, Dokl. AN SSSR, 1983, T. 268, № 5, – 1062–1066
19. Shmyrev V. I., (2014) Algoritmy' polie'dral'noj komplementarnosti dlya oty'skaniya ravnovesiya v linejny'x modelyax konkurentnoj e'konomiki // Diskretny'j analiz i issledovanie operacij. 2014. T. 21, № 2. – 84–101.
20. Shmyrev V. I., (2020) Dvojstvennost' v linejny'x e'konomicheskix modelyax obmena // Tr. In-ta matematiki i mexaniki UrO RAN. - 2020. - T. 26. - № 3, – 258–274
21. Smejл S. (1972) Global'ny'j analiz i e'konomika, I. Optimum Pareto i obobshhenie teorii Morsa / Uspexi matematicheskix nauk, t. XXVII, vy'p. 3(165). – 177–187.
22. E'konomisty' i matematiki (1965) E'konomisty' i matematiki za krugly'm stolom 1965

**Ключевые слова**

двойственность, квазидифференциал, критическая точка, многообразие, равновесие

*Козырев Анатолий Николаевич, к.ф.-м.н., д.э.н*  
 Центральный экономико-математический институт РАН  
 ORCID 0000-0003-3879-5745,  
[kozyrevan@yandex.ru](mailto:kozyrevan@yandex.ru)

**Anatoly Kozyrev, The principle of duality in mathematical theory of general equilibrium**

**Keywords**

duality, quasidifferential, critical point, manifold, equilibrium.

DOI: 10.34706/DE-2024-04-01

JEL classification C8 Методология сбора и оценки данных; компьютерные программы; O33 – Научно-технический прогресс: этапы и последствия; процесс распространения

**Abstract**

The article describes an approach to the mathematical theory of economic equilibrium based on the consistent application of the duality principle introduced by L.V. Kantorovich from functional analysis to convex analysis, linear programming and economics. It is shown that, following the principle of duality, it is possible to rewrite all the elements of known models of economic equilibrium in the language of conjugate spaces, conjugate cones and conjugate polyhedra. This makes it possible to clear the mathematical constructions used in the theory of AER from the plume of ideological dogmas, to give them a new interpretation in some cases and to use them effectively in the real economy.

УДК: 330.13, 330.45, 347.94

## 1.2. Цифровой маркетинг юридических услуг в эпоху Big Data

Костин А.В.  
ЦЭМИ РАН, Москва, Россия

*Статья посвящена исследованию интеграции аналитических методов в цифровой маркетинг юридических услуг, с акцентом на их применение для расчёта компенсаций, убытков правообладателей и ставок роялти в серийных делах о нарушении прав на объекты интеллектуальной собственности. Методы позволяют устранять типовые ошибки, оптимизировать стратегии защиты и прогнозировать исходы судебных разбирательств, одновременно повышая эффективность маркетинга юридических услуг. Рассматриваются кейсы с товарным знаком «Angry Birds». Исследование будет полезно IP-юристам, экспертам и оценщикам, стремящимся внедрить современные подходы для усиления конкурентных преимуществ и расширения клиентской базы.*

### Введение

Цифровизация существенно трансформирует различные отрасли экономики, включая рынок юридических услуг как в части маркетинга, так и в части формирования доказательной базы. Во многом это связано с появлением серийных дел, развитием цифровых сервисов и аналитических методов при работе с данными и расчете стоимостных показателей.

Серийные дела о нарушении исключительных прав и взыскании компенсации представляют уникальную возможность для исследователей, практиков и преподавателей высшей школы. Они позволяют собирать и анализировать количественные и качественные данные об экономических характеристиках объектов интеллектуальной собственности (ОИС), что становится основой для построения экономических моделей расчета убытков, ставок роялти и стоимости права использования. Анализ таких дел помогает выявлять типовые ошибки участников, разрабатывать эффективные стратегии защиты и отслеживать изменения в правоприменительной практике.

В условиях стремительного развития цифровой экономики и увеличения количества серийных исков потребность в инструментах прогнозирования и анализа становится особенно актуальной. Метод LABRATE ROYALTY PRO (далее – метод LRP), применяемый в судебных и внесудебных экспертизах, представляет собой современное решение, позволяющее не только обоснованно рассчитывать ставки роялти и убытки, но и прогнозировать исходы судебных споров на основе данных из публичных источников, таких как "цена иска". Метод основывается на анализе больших данных и применении нечеткой логики, обеспечивая универсальность и адаптивность для различных юрисдикций.

Интеграция аналитических методов с технологиями цифрового маркетинга юридических услуг открывает значительные перспективы для повышения эффективности как судебной, так и внесудебной защиты. Такой подход позволяет точно и обоснованно определять ставки роялти, рассчитывать компенсации и убытки правообладателей с учетом особенностей каждого дела. Это особенно важно в спорах о взыскании компенсаций, где требуется учитывать возможную неконституционность норм, закрепленных в статьях 1301, 1406.1 и 1515 ГК РФ. Методология обеспечивает точное описание объекта нарушенных прав, включая объем и период использования, что является ключевым фактором при расчете стоимости права использования и убытков правообладателя.

Актуальность исследования связана с необходимостью создания инструментов для работы с серийными делами и рекомендаций по применению аналитического метода в юридической практике и цифровом маркетинге. Метод объединяет аналитическую точность и практическую применимость, что делает его востребованным в современных условиях.

Автор статьи обладает опытом участия в ряде судебных процессов, описанных в данной работе. Этот опыт включает исполнение роли судебного эксперта, консультанта и ответчика. Однако все выводы и данные, представленные в статье, основаны исключительно на анализе открытых источников, статистических данных и независимых исследований. Приведенные кейсы выбраны для иллюстрации возможностей метода. Участие автора в некоторых из них не влияет на объективность анализа, что обеспечивает прозрачность изложения и универсальность предложенных выводов. Эти выводы могут быть полезны юридическим и экспертным организациям независимо от их специализации и юрисдикции.

### Влияние на судебную статистику

По данным сетевого издания «Информационный ресурс СПАРК» за период 2014–2024 г.г. количество арбитражных дел в сфере интеллектуальной собственности стабильно увеличивалось (рис. 1), достигнув пика в 2023 году по товарным знакам (более 14000 дел) и в 2024 году по объектам авторского и смежных прав (более 7700 дел). Этот рост отражает активизацию как правообладателей, так и нарушителей в условиях развивающейся цифровой экономики. Анализ значительного объема судебных разбирательств позволяет выявить не только типовые ошибки сторон (в т.ч. в стратегии защиты) при доказывании размера взыскания, но и дает возможность с высокой точностью прогнозировать размеры взыскиваемых компенсаций.

Применение разработанного метода при проведении судебных и внесудебных экспертиз по технологии #IPValuationschool помогает юристам построить эффективную стратегию защиты и просчитать риски для каждого способа расчета компенсации и убытков, оценить перспективы дела, а в некоторых ситуациях до заключения договора на сопровождение дела обосновать гонорар успеха и экономическую целесообразность исковых требований.

Использование метода LRP оказывает положительное влияние на судебную практику, особенно в делах, связанных со злоупотреблением правом со стороны истцов. Например, такие ситуации возникают, когда в обоснование цены иска используются лицензионные договоры с финансовыми условиями, не соответствующими рыночным реалиям. Ярким подтверждением этого является серийное дело АО «Рикор Электроникс», завершившееся после проведения 93 судебных экспертиз [Костин, 2024].



Рис.1 Статистика арбитражных IP-дел за период с 2014 по 2024 годы

### Концепция цифрового маркетинга в юридической практике

Цифровой маркетинг в юридической практике можно определить как стратегический процесс применения цифровых технологий, больших данных и аналитических инструментов для продвижения юридических услуг, оптимизации взаимодействия с клиентами и повышения эффективности судебных и внесудебных процедур. Этот подход становится особенно актуальным в условиях серийных дел о взыскании компенсации, где цифровые технологии позволяют не только повысить точность прогнозов, но и адаптировать стратегии защиты или нападения для конкретных участников процесса.

Цифровой маркетинг в юридической практике включает три ключевых аспекта:

- Использование больших данных (Big Data):** Цифровой маркетинг основывается на анализе больших объемов данных, таких как судебные решения, суммы исков, результаты экспертиз и отраслевые исследования. Применение методов статистического анализа и машинного обучения позволяет выявлять закономерности и тенденции, значимые для прогнозирования результатов судебных процессов. Это также помогает обоснованно оценить вероятные суммы взыскания и предложить клиентам более эффективные стратегии взаимодействия.
- Интеграция аналитических методов с юридической экспертизой:** Цифровой маркетинг опирается на данные судебных и внесудебных экспертиз, включая расчеты ставок роялти и стоимости права использования ОИС. Использование алгоритмов анализа данных обеспечивает точные и обоснованные результаты, что позволяет юридическим фирмам использовать экспертизы как инструмент для повышения качества своих услуг, а клиентам — минимизировать риски и издержки.
- Создание добавленной стоимости для клиентов:** Цифровой маркетинг позволяет персонализировать юридические услуги, учитывая специфику каждого дела. В контексте серийных дел это может включать:
  - Предложение обоснованных расчетов компенсаций или убытков, которые максимально отвечают интересам клиента.
  - Разработку стратегий, которые минимизируют репутационные и финансовые риски сторон процесса.
  - Формирование гибких моделей гонораров, например гонорара успеха, привязанного к разнице между заявленной и фактически взысканной суммой.

Применение цифрового маркетинга особенно эффективно в делах о нарушении прав на интеллектуальную собственность, где значение имеют не только правовые, но и экономические аспекты. Комплексный подход, основанный на аналитике и экспертизах, позволяет юридическим и экспертным фирмам выделяться среди конкурентов, а клиентам — получать высококачественные услуги, соответствующие их потребностям и задачам.

Таким образом, цифровой маркетинг в юридической практике представляет собой не просто использование технологий, а целостный подход к оптимизации процессов предоставления юридических услуг. В контексте серийных дел его значение заключается в повышении точности прогнозов, эффективности взаимодействия с клиентами и адаптации стратегий к конкретным условиям дела. Это делает цифровой маркетинг важным инструментом развития юридического бизнеса в эпоху Big Data.

#### Применение аналитического метода

Метод LRP представляет собой инновационный подход к расчету ставок роялти (RoS), убытков и стоимости права использования ОИС на основе отчетности стейкхолдеров за пятилетний период (одного предприятия, группы предприятий и всей отрасли). Основанный на использовании передовых аналитических технологий, включая Big Data, Fuzzy Logic и квалитетрический анализ, этот метод обеспечивает высокую точность, прозрачность и адаптивность. Благодаря своей универсальности, метод успешно применяется как в судебных разбирательствах, так и при заключении сделок, эффективно решая сложные задачи в области оценки стоимости интеллектуальных прав и судебных экспертиз.

**Основы метода:** Метод базируется на использовании ключевых финансовых показателей, таких как рентабельность продаж (Return on Sales, ROS) и операционная доходность (EBIT Margin, EM). Методология опирается на данные бухгалтерской отчетности сторон, отраслевую статистику и специализированные программные решения, включая REVARES, для согласования результатов.

Ключевые формулы метода включают:

- $RoS = LS \times ROS$ , где LS — доля лицензиара в прибыли лицензиата, ROS – рентабельность продаж, RoS – ставка роялти от продаж (Royalty on Sales price).
- $RoS = LS \times EM$ , где EM — рентабельность по EBIT.

Применение этих формул к отдельному предприятию, группе компаний (например, лицензиатов или нарушителей) и всей отрасли позволяет учитывать отраслевую специфику и одновременно отражать уникальные особенности конкретного предприятия, лицензионного соглашения или случая нарушения прав. Такой подход обеспечивает точность и адаптивность расчетов в зависимости от контекста и условий использования.

#### Преимущества метода

1. **Точность и обоснованность расчетов:** Метод учитывает реальные финансовые показатели, что позволяет минимизировать риски завышения или занижения ставок роялти (и рассчитанных на их основе показателей: стоимости или убытков). Применение отраслевой статистики способствует соблюдению принципов справедливости и соразмерности в расчетах.
2. **Прозрачность и воспроизводимость:** Программа REVARES<sup>1</sup> обеспечивает согласование результатов с использованием нечеткой логики, что делает методику прозрачной и удобной для проверки независимыми экспертами.
3. **Соответствие правовым требованиям:** Разработанный метод соответствует нормам российского законодательства, включая статьи 15, 1301, 1406.1 и 1515 ГК РФ, а также международным стандартам, таким как OECD Transfer Pricing Guidelines.
4. **Адаптивность и универсальность:** Метод позволяет учитывать изменения рыночной конъюнктуры и отраслевые особенности, что делает его применимым для широкого спектра ситуаций.

**Ограничения и направления совершенствования:** Несмотря на значительные преимущества, метод требует качественных исходных данных, что может стать проблемой в юрисдикциях с ограниченным доступом к достоверной финансовой отчетности. Кроме того, для широкого внедрения метода необходима дополнительная подготовка специалистов и адаптация к уникальным случаям, выходящим за рамки стандартных расчетов.

**Роль в цифровом маркетинге юридических услуг:** Метод активно используется в маркетинговых стратегиях юридических и экспертных компаний, предоставляющих услуги в области защиты интеллектуальных прав и судебной экспертизы. Применение метода позволяет:

- Демонстрировать клиентам высокую точность и обоснованность расчетов;
- Прогнозировать исходы судебных разбирательств на основании открытых данных и ранее проведенных исследований;
- Оптимизировать стратегии защиты интересов сторон с использованием судебных и внесудебных экспертиз.

<sup>1</sup> REVARES (v.1.0.6) — программа для согласования результатов оценок с использованием методов нечеткой логики (fuzzy logic). Она предназначена для обработки данных, полученных минимум двумя различными методами, с целью обеспечения их согласованности. Полный функционал программы предоставляется бесплатно. По состоянию на 16 декабря 2024 года программа REVARES была скачана 472 раз. - <https://click.ru/3FEcgV>

Этот метод не только повышает эффективность юридической и экспертной работы, но и усиливает конкурентные преимущества компаний, использующих его в своей практике.

**Перспективы применения:** Метод продолжает развиваться как универсальный инструмент оценки интеллектуальных прав. Его внедрение в судебную и внесудебную практику способствует повышению уровня профессионализма в области интеллектуальной собственности и расширению возможностей цифрового маркетинга юридических и экспертных услуг.

В следующих разделах будут рассмотрены конкретные кейсы из «серийных дел», демонстрирующие возможности метода, а также его роль в продвижении юридических и экспертных услуг.

#### Дело Rovio Entertainment Corporation

Rovio Entertainment Corporation, финская компания<sup>2</sup>, известная созданием мирового бренда «Angry Birds», активно защищает свои права на интеллектуальную собственность, включая товарные знаки и авторские права. Согласно данным информационного ресурса «СПАРК» на 2 декабря 2024 года, компания участвовала в 5413 арбитражных делах (рис. 2), общая сумма исковых требований по которым составила 408,8 млн рублей. Из этого числа 117 дел рассматривались судами первой инстанции, а 51 дело было обжаловано. Средняя стоимость исков составила 75,5 тыс. рублей, что свидетельствует о массовом характере нарушений с относительно небольшими индивидуальными претензиями.

Анализ судебной статистики выявляет ряд ключевых характеристик. В четырех делах были назначены судебные экспертизы, 570 дел завершились мировыми соглашениями, а 82% процессов рассматривались в упрощенном порядке. Хотя стоимость отдельных исков была невысокой, серийные процессы Rovio Entertainment Corporation представляют значительный интерес для исследователей, судебных экспертов и юристов, стремящихся развивать лучшие практики защиты интеллектуальных прав. Эти дела позволяют выявить типовые ошибки и стратегии участников (включая экспертов), а также разработать эффективные подходы к предъявлению требований и защите прав с использованием судебных и внесудебных экспертиз.

Максимальная судебная активность Rovio была зафиксирована в 2020 году, когда было возбуждено 1178 дел. Однако в 2022–2023 годах наблюдалось снижение числа дел, что связано с уходом крупных иностранных игроков с российского рынка и перераспределением рыночных долей в ритейле. В 2024 году количество дел сократилось до 393. Это снижение активности Rovio, вероятно, связано с уменьшением числа предполагаемых нарушителей, а также с адаптацией стратегии компании к изменившимся условиям российского рынка.

Таким образом, серийные процессы Rovio Entertainment Corporation становятся ценным материалом для анализа и разработки универсальных подходов к защите интеллектуальных прав, что особенно актуально в условиях глобальных экономических и правовых трансформаций.

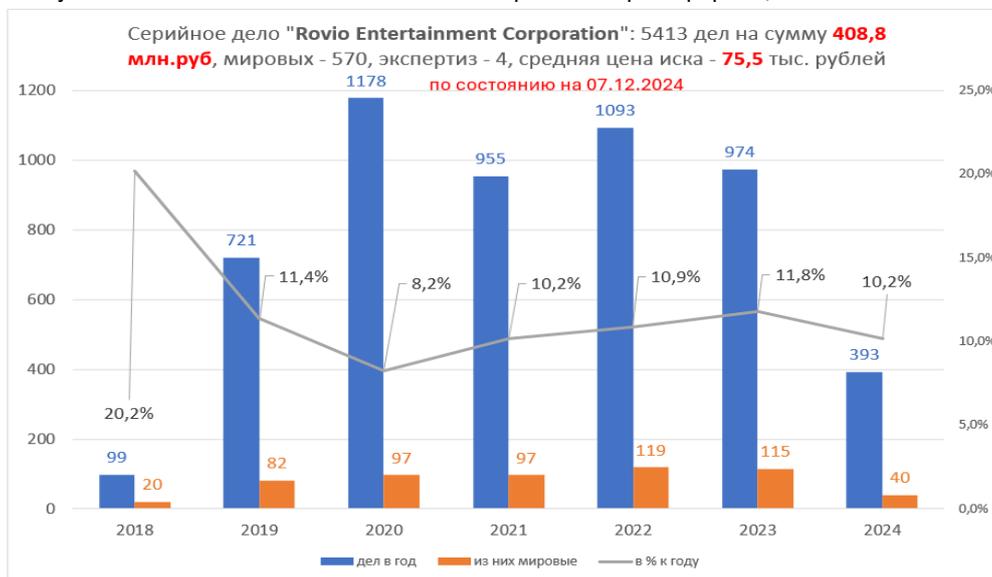


Рис.2 Статистика по делу Rovio Entertainment Corporation (2018-2024)

**Индикаторы анализа активности.** Для проведения всестороннего исследования автор предлагает учитывать следующие параметры:

а) **Активность представителей Rovio Entertainment Corporation в судах** — анализ включает работу юридических фирм и частнопрактикующих юристов, специализирующихся на защите интересов компании в данной категории дел.

<sup>2</sup> Vedomosti. (2021, May 12). Сумеет ли Rovio Entertainment зарабатывать не только на Angry Birds. Retrieved December 5, 2024, from - <https://clck.ru/3F4K68>

б) **Решения судей** — изучение практики судей, которые наиболее часто рассматривали дела Rovio, с целью выявления тенденций и особенностей их подходов.

в) **Активность судебных экспертов и нарушителей** — оценка количества назначенных экспертиз и частоты повторных нарушений прав со стороны ответчиков.

г) **Дела, завершившиеся мировыми соглашениями** — изучение условий соглашений и факторов, способствующих их заключению.

д) **Вопросы, поставленные для экспертного исследования** — анализ корректности и полноты формулировок, их влияния на ход и результат дела.

е) **Дела, в которых было отказано в иске** — выявление причин отказа и типовых ошибок истцов.

ж) **Активность «серийных ответчиков»** — исследование поведения ответчиков, неоднократно участвующих в делах о нарушении интеллектуальных прав.

з) **Активность экспертов, рекомендованных истцом** — анализ частоты их назначения судебными экспертами, а также изучение дел, где их участие сопровождалось некорректными или ошибочными вопросами.

Данный комплексный подход позволяет получить объективное представление о стратегиях защиты и нападения в серийных делах Rovio Entertainment Corporation, а также выявить факторы, способствующие повышению эффективности судебного процесса.

**Участие автора статьи в делах Rovio Entertainment Corporation:** Автор статьи принимал участие в серийном деле Rovio Entertainment Corporation как:

1. Исследователь серийного дела, на базе которого в Школе оценщиков интеллектуальной собственности были подготовлены методические и образовательные материалы, которые публично демонстрировались и обсуждались в канале Школы, в т.ч.: методики описания объекта исследования (оценки), стейкхолдер-анализа, определения соответствия классов МКТУ видам деятельности согласно ОКВЭД, расчета ставок роялти и убытков правообладателей.
2. Судебный эксперт (дело № А14-11097/2020, цена иска — \$24 тыс.), где представитель истца отказался предоставлять запрошенную экспертом информацию и подал во время проведения судебной экспертизы 5 исков против эксперта, чтобы вывести его из процесса и признать заключение эксперта недопустимым доказательством. Несмотря на это, экспертиза была успешно проведена, сдана в суд, защищена и оплачена.
3. Ответчик (дело № А40-45275/2021, цена иска — 80 тыс. рублей), где иск был полностью отклонен судом. В деле юристом ответчика было доказано, что использование товарных знаков и произведений изобразительного искусства Rovio Entertainment Corporation в образовательной деятельности онлайн Школы оценщиков интеллектуальной собственности не является нарушением исключительных прав.

**Детали дела № А14-11097/2020:** Изначально иск был подан за нарушение исключительных прав на товарный знак *Angry Birds*, зарегистрированный под № 1086866 по международной регистрации. В деле А14-11097/2020 была назначена экспертиза по вопросу: *«Какова стоимость права использования товарного знака по свидетельству № 1086866, внесенного в Международный реестр товарных знаков Всемирной организации интеллектуальной собственности, обычно взимаемая за его правомерное пользование, при использовании указанного товарного знака посредством предложения к продаже и реализации кондитерских изделий (тортов) с нанесенным по желанию заказчика изображением, сходным до степени смешения с товарным знаком по свидетельству № 1086866 на территории Воронежской, Белгородской и Курской областей Российской Федерации в декабре 2017 года?»*

После проведенной экспертизы, которая продемонстрировала завышенный размер исковой суммы, истец изменил основание иска – вместо нарушения исключительных прав на товарный знак *Angry Birds* был подан уточненный иск с той же суммой за нарушение авторских прав на произведение изобразительного искусства *Red (Красная птица)*, зарегистрированное в реестре авторского права США под номером VA 1-794-919. Необходимо отметить нечеткость и неполноту вопроса в определении суда от 11 января 2021 года по делу А14-11097/2020, в котором судом не был отражен период использования товарного знака и дата, по состоянию на которую необходимо провести оценку стоимости. Идеальная формулировка вопроса по технологии #IPValuationschool выглядела бы следующим образом:

*Какова стоимость права использования акционерным обществом "Корпорация "ГРИНН" (ИНН 4629045050, основной код ОКВЭД 47.1 - Торговля розничная в неспециализированных магазинах) обозначения, сходного до степени смешения с товарным знаком по свидетельству № 1086866, внесенного в Международный реестр товарных знаков Всемирной организации интеллектуальной собственности, для целей индивидуализации товара "торт" (30 класс МКТУ) и услуг 35 класса МКТУ ("розничная торговля, связанная с продажей кондитерских изделий") на территории Воронежской, Белгородской и Курской областей за период с 01.12.2017 по 31.12.2017, по фактам, представленным в материалах дела № А14-11097/2020, определяемая исходя из рыночной цены, которая при сравнимых обстоятельствах обычно взимается за правомерное использование товарного знака по состоянию на 31 декабря 2017 года?*

**Стейкхолдер-анализ в деле № А14-11097/2020.** Любая судебная или внесудебная экспертиза по технологии #IPValuationschool начинается с описания стейкхолдеров. Приведем пример описания ответчика в деле А14-11097/2020: АО "КОРПОРАЦИЯ "ГРИНН" (ИНН 4629045050, основной код ОКВЭД 47.1 - Торговля розничная в неспециализированных магазинах, дополнительные коды ОКВЭД: 10.13, 10.20, 10.71, 11.05, 41.20, 43.11, 43.12.3, 43.2, 43.91, 43.99, 45.1, 45.20, 45.3, 46.31, 46.31.11, 46.32, 46.32.3, 46.33, 46.34, 46.35, 46.36, 46.37, 46.38, 46.39, 46.44, 46.73, 47.2, 47.30, 47.5, 47.9, 49.4, 52.10, 52.21, 52.29, 55.1, 56.10, 56.10.1, 56.10.3, 56.29, 56.30, 58.13, 58.14, 59.14, 60.10, 60.20, 62.02, 62.03.12, 62.03.13, 62.09, 63.11.1, 63.91, 64.91, 68.1, 68.20, 71.11, 71.12, 71.12.1, 71.12.12, 71.12.13, 73.11, 73.20, 93.1, 93.2, 96.02, 96.04), правообладатель 1 изобретения, 13 товарных знаков, лицензиар 1 товарного знака, ответчик в делах о нарушении исключительных прав на товарные знаки и объекты авторского права (№№ А14-11097/2020, А14-4798/2020, А14-3419/2020, А14-18/2021, А14-8893/2020, А14-16195/2019).

Выявление основных и дополнительных кодов ОКВЭД необходимо для выбора отраслей для анализа. Если основной код ОКВЭД истца и ответчика совпадает с видом деятельности по ОКВЭД, в рамках которого был выявлен способ нарушения исключительных прав на товарный знак, то достаточно провести анализ и расчет ставок роялти по одной отрасли, по данным бухгалтерской отчетности истца и ответчика. В деле А14-11097/2020 истец – зарубежная компания. Приведем пример расчета ставки роялти на данных выборки по отрасли 47.1 и данных предприятия-ответчика АО "КОРПОРАЦИЯ "ГРИНН".

По данным сетевого издания "Информационный ресурс СПАРК" за 2023 год выявлено 19055 предприятий с основным кодом ОКВЭД 47.1 с положительной ROS и EBIT. Поскольку выручка ответчика превышает 10 млрд.рублей в год, в качестве примера проведем анализ и расчеты по выборке предприятий отрасли с выручкой от 1 млрд.рублей за период с 2019 по 2023 годы (табл.1). Расчет отраслевой ставки роялти на основе рентабельности продаж (ROS) и рентабельности по EBIT (EM) при значении доли лицензиара в прибыли лицензиата (LS) равном 25%, показал следующие результаты: для первого квартиля ставка роялти составила 0,4%, для второго квартиля (медианы) — 0,7%, для третьего квартиля — 1,3%. При этом базой роялти выступала выручка (код строки баланса 2110).

Таблица 1. Данные для расчета ставок роялти для выборки по отрасли 47.1 (2019-2023)

47.10 : Для набора данных из 1330 предприятий	ROS - отраслевая рентабельность продаж в % (операционная маржа)				EM - отраслевая рентабельность по EBIT в % (операционная доходность)				Объем выборки	Выручка, Σ[2110], млрд.руб
	1-й квартиль	Медиана	3-й квартиль	Среднее арифметическое	1-й квартиль	Медиана	3-й квартиль	Среднее арифметическое		
2019	1,6%	2,9%	5,3%	4,7%	1,2%	2,4%	4,3%	4,0%	203	4735,3
2020	1,7%	3,2%	5,2%	4,6%	1,4%	2,5%	4,5%	4,1%	236	6805,3
2021	1,7%	3,1%	5,1%	4,3%	1,3%	2,7%	4,6%	3,9%	274	8082,2
2022	1,9%	3,3%	5,9%	5,0%	1,7%	3,0%	5,1%	4,6%	290	8912,8
2023	1,6%	3,3%	5,8%	5,0%	1,4%	2,6%	5,0%	4,5%	327	9621,3
мин	1,6%	2,9%	5,1%	4,3%	1,2%	2,4%	4,3%	3,9%	1330	4 735,3
макс	1,9%	3,3%	5,9%	5,0%	1,7%	3,0%	5,1%	4,6%		9 621,3

Расчет ставки роялти по данным бухгалтерской отчетности АО "КОРПОРАЦИЯ "ГРИНН" за 2019-2023 г.г. при LS=[0,2;0,3] с помощью программы REVARES показал, что ставка роялти составила 0,9%.

Rovio Entertainment Corporation, как и многие другие зарубежные правообладатели, не имеет дочерних и зависимых компаний на территории РФ. Поэтому для расчета ставки роялти за использование товарного знака № 1086866 для целей взыскания компенсации можно использовать бухгалтерскую отчетность нарушителя и показатели тех отраслей согласно ОКВЭД, основной вид деятельности которых чаще всего встречался у нарушителей прав на товарный знак Angry Birds. Статистический анализ показал, что основными кодами ОКВЭД нарушителей, которые чаще всего встречались среди таких нарушителей в серийном деле Rovio Entertainment Corporation явились:

- 47.71 – Торговля розничная одеждой в специализированных магазинах,
- 47.51 – Торговля розничная текстильными изделиями в специализированных магазинах,
- 47.19 – Торговля розничная прочая в неспециализированных магазинах.

Рассмотрим пример расчета отраслевых ставок роялти на основании данных отчетности 21 872 предприятий РФ с основным кодом ОКВЭД 47.19 с положительной ROS и EBIT. Операционная маржа (ROS) для трех квартилей находилась в диапазоне от 3,3% до 16,0%, а операционная доходность (EM) – от 3,2% до 14% (табл.2). При значении доли лицензиара в прибыли лицензиата (LS) равном 25% были получены следующие результаты: для первого квартиля ставка роялти составила 0,7%, для второго квартиля (медианы) — 1,8%, для третьего квартиля — 3,7%.

Стейкхолдер-анализ ответчика в деле № А14-11097/2020 показал, что он уже имеет историю нарушений исключительных прав на товарные знаки. Это обстоятельство повышает вероятность предоставления неполной или искаженной информации при проведении судебной экспертизы. Указанный риск необходимо учитывать при формулировании вопросов для производства судебной экспертизы, чтобы обеспечить получение достоверной, необходимой и достаточной информации для описания верифицируемой методики и проведения расчетов в условиях неполноты и/или неопределенности исходных данных.

Таблица 2. Данные для расчета отраслевой ставки роялти для ОКВЭД 47.19 (2019-2023)

47.19 : Для набора данных из 21872 предприятий	ROS - отраслевая рентабельность продаж в % (операционная маржа)				EM - отраслевая рентабельность по EBIT в % (операционная доходность)				Объем выборки	Выручка, Σ[2110], млрд.руб
	1-й квартал	Медиана	3-й квартал	Среднее арифметическое	1-й квартал	Медиана	3-й квартал	Среднее арифметическое		
2019	3,3%	7,3%	15,3%	12,9%	2,2%	6,1%	13,3%	11,7%	3429	1884,0
2020	3,5%	7,8%	15,4%	13,2%	2,6%	6,7%	13,7%	18,6%	4158	2323,8
2021	3,5%	7,6%	15,3%	12,9%	2,8%	6,8%	13,5%	13,8%	4554	2778,6
2022	3,6%	8,0%	16,0%	13,4%	2,7%	6,7%	14,0%	12,0%	4827	1201,3
2023	3,7%	7,8%	15,7%	13,5%	2,6%	6,7%	13,7%	12,3%	4904	1313,0
мин	3,3%	7,3%	15,3%	12,9%	2,2%	6,1%	13,3%	11,7%	21872	1 201,3
макс	3,7%	8,0%	16,0%	13,5%	2,8%	6,8%	14,0%	18,6%		2 778,6

Практика показывает, что в делах о взыскании компенсации стороны часто предоставляют противоречивые данные, что объясняется их противоположными интересами: истец стремится увеличить сумму взыскания, а ответчик минимизировать издержки. Поэтому эксперту важно проявить особую внимательность при работе с предоставляемыми материалами, чтобы учитывать возможные пробелы в информации и корректно оценивать расчетные показатели. Представителю истца перед подачей иска важно собрать более полную информацию о нарушителе, чтобы выбрать лучшую стратегию защиты своих интересов.

Например, если нарушение носит длительный характер и ответчик платежеспособен в долгосрочной перспективе, сбор дополнительной информации может позволить истцу подать иск с иной доказательной базой, охватывающей более продолжительный период нарушения и обоснование большей суммы компенсации. В случае, если истец допускает ошибки или основывает свои требования на неточной, неполной или недостоверной информации, представителю ответчика целесообразно использовать эти ошибки, не акцентируя на них внимание и не помогая в их исправлении. Кроме того, важно тщательно проанализировать предъявленный размер взыскания, привлекая IP-экспертов для расчета убытков правообладателя. Это позволит либо обеспечить эффективную защиту интересов ответчика, либо договориться о разумном размере компенсации в рамках урегулирования спора.

#### Анализ формулировки вопроса в деле Rovio Entertainment Corporation (дело № А03-20034/2023)

В рамках дела А03-20034/2023 о взыскании компенсации за нарушение исключительных прав на товарные знаки финской компании на разрешение эксперта был поставлен следующий вопрос: **«Каков размер вероятных убытков, причиненных правообладателю исключительного права на товарные знаки 551476, 186866, 1152679, 1152678, 1152686, 1152687, 1153107, 1152685, изображенные на товаре — детской кофте, реализация которого состоялась 26.01.2022 в соответствии с материалами дела № А03-20034/2023?»**

По мнению автора, формулировка вопроса имеет ряд существенных недостатков, которые затрудняют проведение экспертизы и точное определение убытков. Рассмотрим основные замечания:

- Отсутствие четкого указания ответчика и способа использования товарных знаков:** Вопрос не уточняет, кто является ответчиком, и каким образом были использованы товарные знаки Rovio Entertainment Corporation. Согласно проведенному стейкхолдер-анализу ответчиком является: ООО "Детская одежда "КВЕСТОР" (ИНН 2221061196, основной код ОКВЭД 47.19 — Торговля розничная прочая в неспециализированных магазинах; дополнительные коды: 47.19.1, 47.19.2, 47.71.1, 47.72, 47.72.1, 82.99).

Ответчик уже фигурировал в аналогичных делах:

- №А03-20034/2023 (о нарушении прав на товарные знаки №551476, №186866, №1152679, №1152678, №1152686, №1152687, №1153107, №1152685);
- №А03-13368/2022 (о нарушении прав на те же товарные знаки);
- №А03-11342/2022 (о нарушении авторских прав на изображение медвежонка Tatty Teddy).

Указание ответчика и способа использования товарных знаков — например, «нанесение изображения на товар (детская кофта) и его последующая продажа» — критически важно для сбора исходных данных (по отраслям) и обоснованного ответа на поставленный вопрос.

- Неуказанные товары и/или услуги, в отношении которых использовались товарные знаки:** Вопрос не содержит информации о том, какие конкретно товары или услуги согласно классам МКТУ стали объектом использования. В рамках дела речь идет о:

- Товарах 25 класса МКТУ, включая детскую одежду ("детская кофта").
- Услугах 35 класса МКТУ, связанных с розничной продажей детской одежды.

Отсутствие четкого указания на способы использования товарного знака в привязке к классам МКТУ затрудняет детализированный расчёт убытков, так как разные классы подразумевают использование различных подходов к оценке и сбору данных. Такая неопределенность создает риск, что недостаточно

квалифицированный эксперт может использовать упрощенные методы, снижая точность, объективность и воспроизводимость расчетов

### 3. Неоднозначность статуса товарных знаков

Из восьми перечисленных товарных знаков:

- Только один знак (№551476) зарегистрирован в Роспатенте.
- Остальные семь имеют международную регистрацию: №186866, №1152679, №1152678, №1152686, №1152687, №1153107, №1152685.

Указание на разницу в статусе регистрации важно, так как защита прав на международно зарегистрированные товарные знаки в РФ требует дополнительного анализа.

#### Рекомендации по доработке формулировки вопроса

Для повышения точности и корректности экспертизы предлагается следующая формулировка вопроса:

*Каков размер вероятных убытков, причиненных обществом с ограниченной ответственностью "ДЕТСКАЯ ОДЕЖДА "КВЕСТОР" (ИНН 2221061196, основной код ОКВЭД 47.19 - Торговля розничная прочая в неспециализированных магазинах) в связи с предложением к продаже и фактической продажей товаров ("детская кофта") с использованием обозначений, сходных до степени смешения с товарными знаками Rovio Entertainment Corporation (Финляндия) по свидетельствам № 551476, № 186866, № 1152679, № 1152678, № 1152686, № 1152687, № 1153107, № 1152685, для индивидуализации следующих товаров и услуг:*

- товары 25 класса МКТУ, включая детскую одежду ("детская кофта");
  - услуги 35 класса МКТУ, связанные с розничной продажей детской одежды и продвижением продаж, связанных с детской одеждой, для третьих лиц;
- по состоянию на 26 января 2022 года по фактам, представленным в материалах дела № А03-20034/2023, с учетом рыночных условий и обстоятельств, обычно используемых для расчета убытков, причиненных нарушением исключительных прав на товарные знаки?*

Доработанная формулировка позволяет:

- Уточнить сведения об ответчике, объем данных и способ использования товарных знаков.
- Однозначно определить, в отношении каких товаров и услуг будет проведен расчет.

Такая формулировка повышает качество экспертизы, минимизирует вероятность ошибок и способствует более эффективному и качественному судопроизводству.

#### Рекомендации для цифрового маркетинга юридических услуг в серийных делах на примере опыта Rovio Entertainment Corporation и товарного знака "КРЕМЛЕВСКИЙ"

Современные судебные разбирательства по серийным делам о взыскании компенсации требуют не только глубокого понимания юридических процессов, но и использования цифровых технологий для продвижения юридических услуг. Серийные дела, такие как разбирательства Rovio Entertainment Corporation, с относительно низким показателем "средняя цена иска", являются отличной тренировочной базой для начинающих и опытных экспертов. Они позволяют отработать методы анализа, выявить типовые ошибки сторон и экспертов, а также сформировать стратегические подходы. Полученные знания можно эффективно применить в серийных делах с более высоким показателем "средняя цена иска", таких как дела с товарным знаком "КРЕМЛЕВСКИЙ", о которых речь пойдет в следующей статье.

##### 1. Автоматизация мониторинга процессов

Серийные дела требуют оперативного отслеживания новых исков и изменений в судебных процессах. Использование автоматизированных систем, таких как «Электронное правосудие» или коммерческие агрегаторы судебных данных, позволяет:

- Настроить уведомления о подаче новых исков.
- Быстро анализировать доступные материалы дел.
- Формировать целевые предложения для потенциальных клиентов в течение 24 часов с момента регистрации дела.

В делах Rovio Entertainment Corporation такой подход позволял привлекать клиентов на этапе подачи исков, обеспечивая юридическим и экспертным фирмам конкурентное преимущество.

##### 2. Систематизация и анализ данных

Анализ больших массивов данных по серийным делам открывает возможности для:

- Выявления типичных ошибок сторон процесса и судебных экспертов.
- Определения оптимальных стратегий защиты и нападения.
- Подготовки обоснованных расчетов компенсаций и убытков.

Например, в делах Rovio Entertainment Corporation ключевыми индикаторами эффективности оказались частота заключения мировых соглашений, структура исковых требований и методика расчета компенсации. Анализ таких данных помогает формировать стратегии защиты в более сложных делах, таких как разбирательства с товарным знаком "КРЕМЛЕВСКИЙ".

### 3. Персонализация предложений для клиентов

Цифровой маркетинг должен быть ориентирован на индивидуальные запросы клиентов. Примеры успешных предложений:

- Подробный анализ судебной практики по аналогичным серийным делам.
- Кейсы с успешной защитой или взысканием компенсации.
- Подготовка аналитических справок на основании судебной статистики, расчет ставок роялти, убытков и стоимости права использования по технологии #IPValuationschool.

Для опытных клиентов, знакомых с серийными процессами, важным аргументом станет демонстрация готовности использовать нестандартные подходы на основе изученных ошибок в делах типа Rovio.

### Литература

1. Грибок, Н. Н., & Кулинич, В. В. (2023). Управление маркетингом юридических услуг: особенности отрасли, стратегическое планирование, специфика продвижения. *Вестник Академии знаний*, 6(59), – 565–569.
2. Долгова, И. В., & Жамборов, А. А. (2024). Маркетинг юридических услуг: стратегический подход. *Human Progress*, 10(4). <https://doi.org/10.46320/2073-4506-2024-4a-32>
3. Иванова, Я. Д. (2023). Роль маркетинга на рынке юридических услуг. *Инновации. Наука. Образование*, (83), – 151–152.
4. Козырев, А. Н., & Костин, А. В. (2024). Стоимостная оценка продуктов коллективного пользования: препринт. Тезисы доклада на Ученом совете ЦЭМИ РАН, 20 мая 2024 года. DOI: 10.13140/RG.2.2.21526.97608. - <https://clck.ru/3FEcSg>
5. Костин, А. В. (2024). Ставка роялти - отраслевой инвариант в IP-сделках и судебных спорах. *Цифровая экономика*, 3(29), – 14–20. <https://doi.org/10.34706/DE-2024-03-02>
6. Красовская, Н. В., & Костин, А. В. (2022). Об объективности исходных данных при доказывании размера компенсации за нарушение исключительного права. *Журнал Суда по интеллектуальным правам*, 1(35), – 19–28. - <https://clck.ru/3FEcSM>
7. Павлова, Е. А., Калятин, В. О., Корнеев, В. А., Радецкая, М. В., Евстигнеев, Э. А., Кольздорф, М. А., Туркина, А. Е., & Спиридонова, Н. Б. (2022a). Компенсация как мера ответственности за нарушение исключительных прав. Часть 1. *Журнал Суда по интеллектуальным правам*, 2(36), – 152–190. - <https://clck.ru/3FEcSM>
8. Павлова, Е. А., Калятин, В. О., Корнеев, В. А., Радецкая, М. В., Евстигнеев, Э. А., Кольздорф, М. А., Туркина, А. Е., & Спиридонова, Н. Б. (2022b). Компенсация как мера ответственности за нарушение исключительных прав. Часть 2. *Журнал Суда по интеллектуальным правам*, 3(37), – 118–211. - <https://clck.ru/3FEcS5>
9. OECD (2022), OECD Transfer Pricing Guidelines for Multinational Enterprises and Tax Administrations 2022, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/0e655865-en> .

### References in Cyrillics

1. Gribov, N. N., & Kulich, V. V. (2023). Upravlenie marketingom yuridicheskikh uslug: osobennosti otrasli, strategicheskoe planirovanie, spetsifika prodvizheniya. *Vestnik Akademii Znaniy*, 6(59), – 565–569.
2. Dolgova, I. V., & Zhamborov, A. A. (2024). Marketing yuridicheskikh uslug: strategicheskiy podkhod. *Human Progress*, 10(4).
3. Ivanova, Ya. D. (2023). Rol marketinga na rynke yuridicheskikh uslug. *Innovatsii. Nauka. Obrazovanie*, (83), – 151–152.
4. Kozыrev, A. N., & Kostin, A. V. (2024). Stoimostnaya otsenka produktov kollektivnogo polzovaniya: preprint. Tezisy doklada na Uchenom sovete TsEMI RAN, 20 maya 2024 goda.
5. Kostin, A. V. (2024). Stavka royalty - otraslevoy invariant v IP-sdelkakh i sudebnykh sporakh. *Tsifrovaya ekonomika*, 3(29), – 14–20.
6. Krasovskaya, N. V., & Kostin, A. V. (2022). Ob obektivnosti iskhodnykh dannykh pri dokazyvanii razmerie kompensatsii za narushenie iskluyuchitelnogo prava. *Zhurnal Suda po intellektualnym pravam*, 1(35), – 19–28.
7. Pavlova, E. A., Kalyatin, V. O., Korneev, V. A., Radetskaya, M. V., Evstigneev, E. A., Kolzdorf, M. A., Turkina, A. E., & Spiridonova, N. B. (2022a). Kompensatsiya kak mera otvetstvennosti za narushenie iskluyuchitelnykh prav. Chast 1. *Zhurnal Suda po intellektualnym pravam*, 2(36), 152–190.
8. Pavlova, E. A., Kalyatin, V. O., Korneev, V. A., Radetskaya, M. V., Evstigneev, E. A., Kolzdorf, M. A., Turkina, A. E., & Spiridonova, N. B. (2022b). Kompensatsiya kak mera otvetstvennosti za narushenie iskluyuchitelnykh prav. Chast 2. *Zhurnal Suda po intellektualnym pravam*, 3(37), 118–211.

*Александр Валерьевич Костин, к.э.н.,  
в.н.с, ЦЭМИ РАН (kostin.alexander@gmail.com)  
ORCID: 0000-0001-8654-4612*

### Ключевые слова

цифровой маркетинг, интеллектуальная собственность, ставки роялти, Big Data, Fuzzy Logic, судебная экспертиза, Angry Birds, КРЕМЛЕВСКИЙ, юридические услуги.

***Alexander Kostin, Legal Services Digital Marketing in the Big Data Era.*****Keywords**

digital marketing, intellectual property, royalty rates, Big Data, Fuzzy Logic, forensic expertise, Angry Birds, Kremlevsky, legal services.

DOI: 10.34706/DE-2024-04-02

JEL classification K11 – Право собственности; K20 – Общее право и регулирование; K41 – Судебный процесс; O34 – Интеллектуальная собственность и капитал; M31 – Маркетинг; C81 – Методология сбора, оценки и анализа данных; C52 – Оценка, доказательство и выбор моделей; C55 – Моделирование и анализ больших данных.

**Abstract**

The article is dedicated to the study of integrating analytical methods into the digital marketing of legal services, with a focus on their application in calculating compensation, damages for rights holders, and royalty rates in serial cases of intellectual property rights violations. These methods help eliminate typical mistakes, optimize defense strategies, and predict the outcomes of legal proceedings, while simultaneously improving the effectiveness of legal services marketing. Case studies involving the trademark "Angry Birds" are considered. The research will be useful for IP lawyers, experts, and appraisers aiming to implement modern approaches to enhance competitive advantages and expand their client base.

УДК: 339. 92

### 1.3. Технологический суверенитет и глобальная конкуренция

Белоусов Ф.А, ЦЭМИ РАН; Иванова А.К., ИЕ РАН; Неволин И.В., ЦЭМИ РАН

*Экономическая модернизация и технологическое развитие страны всё больше связывают с мерами по укреплению международного сотрудничества и развитию возможностей взаимодействия в области высоких технологий. Если в 2015 г. развитие получили меры по усилению диалога между государством и бизнесом (деловые форумы с представителями органов власти, программы поддержки малого и среднего бизнеса, меры поддержки экспортеров), то сегодня на фоне ужесточения глобальной технологической конкуренции, роста протекционизма и феномена экстерриториальных экономических ограничений, внимание в большей степени обращено на развитие международного технологического сотрудничества. Причём последнее приобретает не только стратегическую значимость, но, попадая в сферу экономической безопасности России, также получает иное наполнение в качестве объекта исследования. Новое понимание этого явления показал прошедший в России в сентябре 2024 года Международный технологический конгресс. Его центральной темой стало технологическое партнёрство и возможности для его развития между странами, в том числе, в рамках БРИКС.*

*Отраслевые вопросы красной нитью связывала тема сотрудничества, надежного и долгосрочного партнёрства как основы технологического суверенитета. Данная статья представляет анализ позиции бизнеса в сообщениях участников конгресса. Эта позиция соотносится с возможными барьерами на пути к технологическому суверенитету и научными методами их преодоления. Подробного рассмотрения заслужили технологии искусственного интеллекта как одно из направлений сотрудничества и достижения в этой сфере, озвученные участниками конгресса.*

#### Введение

С 17 по 19 сентября 2024 г. прошёл первый Международный технологический конгресс (далее-Конгресс). Организаторы – крупные отраслевые ассоциации в сфере высоких технологий<sup>1</sup> – заявили о нём как о площадке для знакомства и установления партнёрства на уровне отдельных участников, будь то организации или профессиональные ассоциации. Главной темой Конгресса, которая звучала не только на пленарном заседании, но и на тематических сессиях, стали технологическое партнёрство и возможности для его развития между странами, в том числе, в рамках БРИКС. Программа Конгресса охватывала такие сферы, как производство, кибербезопасность, финансы, подготовку кадров, развитие отраслевых стандартов. На многих из них, однако, звучали доклады о сотрудничестве и технологическом суверенитете. Соседство этих тем является закономерным, поскольку последняя из них понимается через установление долгосрочного и надёжного партнёрства. Именно через стабильное партнёрство участниками Конгресса видится достижение технологического суверенитета. Замыкание всего технологического цикла внутри одной страны бессмысленно: ни у одной страны в мире нет полного стека технологий и производственной цепочки в сфере ИКТ, и вложение огромных ресурсов, времени в накопление собственного стека технологий не выглядит разумной стратегией. Напротив, долгосрочное и надёжное партнёрство видится участникам как условие безопасного экономического развития. Эта позиция перекликается с определением технологического суверенитета из [Elder et al, 2020]. Говоря о техническом суверенитете, нельзя обойти вниманием вопрос глобализации, хотя он и не был центральным в повестке Конгресса. Глобализация противопоставляется суверенитету (технологическому, экономическому) в работах международных организаций. Например, ОЭСР, Международный валютный фонд представили свои оценки изменений национальных экономик, глобального производства в результате региональной фрагментации и торговых войн [OECD, 2020; Rojas-Romagosa, 2024]. Результаты показывают преимущество глобального режима и уязвимость стран, не относящихся к развитым. Анализ этих результатов выявляет некоторую предвзятость лежащих в основе предположений и ставит под сомнение независимость подобных исследований [Бахтизин, 2024].

Несмотря на критику, связанную с завышением позиций развитых стран и занижением позиций развивающихся, неразумно было бы отметить весь накопленный западными странами опыт. Следовало бы изучить его при выстраивании международных институтов, альтернативных западным. Торговые отношения и промышленная политика стран показывают высокую роль предсказуемости партнёров. Предсказуемость является основой долгосрочной стратегии и масштабного горизонта планирования. При этом на уровне государства гарантии предсказуемости не только обеспечиваются институционально, но и поддерживаются

<sup>1</sup> В их числе – НП «РУССОФТ», Ассоциация разработчиков и производителей электроники, Ассоциация экспорта технологического суверенитета.

общим интересом благосостояния. В то же время международные экономические отношения подвержены влиянию большего количества нерегулируемых факторов. В пример приведем противоречия, вызванные политикой Д.Трампа в отношении поставок стали из ЕС. Мораторий на тарифы, введенный со стороны США, вызвал серьезную напряженность со стороны немецкой промышленности из-за невозможности заключения долгосрочных контрактов поставки и планирования мега-проектов. Высокий уровень экономического сотрудничества двух стран поставил вопрос установления сроков моратория на тарифы в число важнейших противоречий [Германия, 2023].

Конечно, тема технологического суверенитета звучит не только на уровне деловых ассоциаций и органов власти. В дискуссию также вовлечено академическое сообщество. Так, Журнал Новой экономической ассоциации выпустил номер №3 (64) за 2024 г. с соответствующей тематике подборкой материалов. Их основной фокус направлен на определение технологического суверенитета, классификацию подходов его достижения. Статьи по теме показывают разнообразие позиций о сущности технологического суверенитета и способов его достижения. Существует позиция опоры на собственные силы, как и позиция выстраивания долгосрочных международных отношений на принципах стратегической безопасности [Данилин, Сидорова, 2024; Капогузов, Пахалов, 2024]. Академическая дискуссия при этом недостаточно отражает взгляд делового сообщества на проблему технологического суверенитета. Таким образом, данная статья вносит вклад в обсуждаемую тему, обозревая позицию делового сообщества, преломленную через научное знание о формах сотрудничества в экономике. Цель работы, таким образом, состоит в выделении образа технологического суверенитета из тезисов участников Международного технологического конгресса, обозначении видимых бизнесу путей его достижения и научного анализа возможных барьеров, а также способов их преодоления. Задачи работы включают общее информирование об основных позициях участников, обзор научно обоснованных механизмов сотрудничества, исследование возможностей искусственного интеллекта как базовой технологии и инструмента поддержки международных коммуникаций.

### **Сотрудничество**

Тема сотрудничества звучала на Конгрессе в разных контекстах: взаимодействие государственных ведомств, деятельность отраслевых ассоциаций и развитие деловых связей отдельных фирм. Крупные предприятия с продолжительной историей работы за рубежом отмечали накопленный опыт взаимодействия с органами власти, развития инфраструктуры в странах присутствия и эффекты в социально-экономической сфере. При этом речь идёт не столько о прямых иностранных инвестициях, сколько об изменении приоритетов в программах развития в связи с появлением в стране новой технологии. Приведение в соответствие этой технологии необходимой инфраструктуры, образования, качества выпускаемой продукции – естественные шаги на пути к освоению технологии.

Зарубежные гости делились наблюдениями со своей стороны, и взгляд из-за рубежа очень важен для понимания преимуществ и ограничений потенциальных партнёров. Так, на пленарном заседании прозвучало сообщение, в котором отмечена роль передачи технологий на пути Индии к технологической независимости. И этот тезис развился до пожелания о более равномерном распределении технологий между странами БРИКС+, а в конечном счёте, до сокращения технологического разрыва между развитыми и развивающимися странами. Эта мысль выражает изменение приоритетов развития: переход от борьбы за уже упомянутые прямые иностранные инвестиции к передаче технологий. В общем случае инвестиции в зарубежную экономику не предполагают передачу технологий. Строительство транспортно-логистической и торговой инфраструктуры способно создать дополнительный спрос на внутреннюю продукцию, создать рабочие места. Но этого в международных отношениях уже оказывается недостаточно. В качестве подтверждения можно указать на программу «Делай в Индии», которая предусматривает, в том числе, различный уровень доступа продукции на внутренний рынок в зависимости от степени локализации производства.

Но возможности России для выстраивания отношений с зарубежными партнёрами сейчас ограничены из-за угрозы вторичных санкций. Также со стороны Индии прозвучал тезис о том, что ИТ-экспорт страны сейчас ориентирован прежде всего на Запад в лице США, и Россия (или некоторый объединённый рынок с её участием) пока не может предъявить сопоставимый спрос на продукцию страны, количество ИТ-стартапов которой в 10 раз превосходит аналогичный показатель США. Поэтому более разумным для индийских представителей видится развитие существующего в настоящий момент сотрудничества, в том числе, по программе «Цифровая Индия», которая предполагает совершенствование системы госуправления и повышение уровня доступности ИТ населению. Вместе с тем, привлекательной для участников выглядит доверенная инфраструктура БРИКС, которую можно было бы разделить между участниками на зоны ответственности и развивать сообща.

В контекст международного сотрудничества удачно вписался пленарный доклад представителя Сколково о деятельности института развития. На текущий момент, выращивание стартапов не является приоритетом фонда. Фокус сместился к технологической конкуренции на глобальных рынках. Это потребовало от Сколково развития деловой сети, поддержку экспорта и проектов, конкурентоспособных на международном уровне. Изменение приоритетов заставляет задуматься о лучших практиках в этой области. Наблюдения за развитием институтов поддержки внешнеэкономической деятельности (ВЭД) указывают на особую роль развития деловых сетей. Современные исследования по изучению факторов успешной внешнеэкономической деятельности всё чаще рассматривают вопросы доступности информации в качестве одного из ключевых стимулов формирования внешнеэкономической стратегии фирмы

(теория трансакционных издержек в новом институционализме, эволюционная теория экономических изменений, теория сетей, комплексных систем, инновационной экономики, концепция управления кооперацией (Cooperative management)). В то же время, практика выстраивания институциональных систем ВЭД показывает, что деловые сети становятся формой институционализации экономической информации [Иванова, 2022], усиливая тем самым один из ключевых факторов конкурентоспособности на международном рынке – доступ к актуальной экономической информации.

Так, следует отметить значительный вклад в анализ работы организаций поддержки ВЭД работы экономистов К. Хаузера и А. Вернера, показавшие зависимость между размером компаний и эффективностью мер поддержки ВЭД. В фокус их внимания попал фактор интернет-коммуникации в контексте повышения прозрачности процедур софинансирования и популярности программ поддержки; анализу подвергаются вопросы по координации стратегий всех финансирующих учреждений и их самовосприятия как единой системы (структуры).

Меры по обеспечению деятельности на зарубежных рынках информационной и экспертной компонентами называются «нефинансовыми» и могут включать в себя широкий спектр направлений, в том числе меры, направленные на развитие учреждений поддержки бизнеса. Они призваны содействовать информационному обеспечению компаний при выходе на внешние рынки и приобретают всё большее распространение в рамках национальных программ поддержки экспорта стран-участниц БРИКС в том числе в РФ [Нарышкин, 2021] и содействия предпринимательству. В Российской Федерации они зафиксированы в деятельности государственной корпорации развития «ВЭБ.РФ»<sup>2</sup>. Согласно данным Министерства экономического развития РФ<sup>3</sup>, в России действует следующая структура экспортной поддержки (см. Таблицы 1 и 2):

Таблица 1. Финансовые меры поддержки экспорта в РФ

Тип	Организация-исполнитель
Государственные гарантии в обеспечение обязательств экспортера и иностранного покупателя	АО «РОСЭКСИМБАНК», "Внешэкономбанк"
Страхование	АО «ЭКСПАР»

Источник: Министерство экономического развития РФ.

Таблица 2. Нефинансовые меры поддержки экспорта в РФ

Тип	Организация
Информационно-консультационные меры	1. Торговые представительства Российской Федерации в иностранных государствах; 2. Региональные центры поддержки экспортно-ориентированных субъектов малого и среднего предпринимательства; 3. АО «Российский экспортный центр»
Промоутерско-организационные меры, в том числе: поддержка выставочно-ярмарочной деятельности	1. Минэкономразвития России; 2. Торговые представительства Российской Федерации в иностранных государствах; 3. Региональные центры поддержки экспортно-ориентированных субъектов малого и среднего предпринимательства; 4. АО «Российский экспортный центр» 5. Минпромторг России

Источник: Министерство экономического развития РФ.

Таким образом, в контексте повышения информированности фирм дальнейшего изучения требуют инициативы, направленные на укрепление деловых сетей. В том числе, с точки зрения мер формирования деловой среды для интернационализации бизнеса. Направления поддержки целесообразно разделить на три типа: меры по созданию благоприятной среды развития деловой кооперации и коммуникации внутри страны; меры поддержки существующих институтов поддержки деловой коммуникации для укрепления их международного вектора (ТПП РФ, РСПП, крупнейшие отраслевые союзы); меры поддержки информационной / экспертной кооперации на уровне стран БРИКС для отраслей. Указанные направления очерчивают контуры усилий на поддержание среды, в которой растет кооперация, усилий на поддержание существующих институтов кооперации и усилий для международного уровня. При этом коммуникация внутри страны служит базой для выстраивания взаимодействия на международном уровне. Без достаточно развитой коммуникации отечественных компаний дорогостоящее представительство российских интересов оказывается малоэффективным. Только тогда, когда издержки доступа к информации для фирм внутри страны окажутся достаточно низкими, когда сформируются институты сбора и распространения отраслевой информации между всеми

<sup>2</sup> Федеральный закон от 17.05.2007 N 82-ФЗ (ред. от 02.07.2021, с изм. от 14.07.2022) "О государственной корпорации развития "ВЭБ.РФ".

<sup>3</sup> Источник: сводный реестр институтов и инструментов поддержки и развития ВЭД Портала внешнеэкономической информации Министерства экономического развития. URL: [http://www.ved.gov.ru/rus\\_export/svodniy\\_reestr\\_institutov\\_i\\_instrumentov\\_podderzhki/](http://www.ved.gov.ru/rus_export/svodniy_reestr_institutov_i_instrumentov_podderzhki/) (дата обращения: 22.09.2022).

заинтересованными лицами на национальном уровне, переход на международный уровень даёт большую отдачу, поскольку он органически развивает работающую систему.

Необходимость согласования интересов на международном уровне, развитие научно-технического сотрудничества, выстраивание институтов ВЭД, усиление консорциумов естественным образом подводит к вопросу о препятствиях к сотрудничеству и возможных способах их преодоления.

#### **Опportunизм и согласование стимулов**

Участники Конгресса отметили изменение оценки отечественных решений на позитивную – как на внутреннем, так и на международном рынке. И усиление позиций, которые занимают российские разработки, по мнению участников Конгресса, возможно за счёт концентрации усилий на ключевых направлениях. Участники Конгресса, однако, предвосхищая обвинения в монополизации и лоббировании собственных интересов, говорят о создании консорциумов/альянсов из компаний-разработчиков, которые будут вместе развивать продукт, обмениваться опытом и технологиями. Причём авторы подобных утверждений признают важность внутренней конкуренции для создания продуктов мирового уровня. Но более глубокое погружение в практику сотрудничества открывает подводные камни, игнорировать которые невозможно, если ставить целью именно плодотворное сотрудничество в высокотехнологичных отраслях.

Обсуждение трудностей стоит начать с усиления компаний, вошедших в значимый или системно подерживаемый консорциум. Ранее уже сказано о выстраивании кооперации фирм внутри страны, которая на практике также принимает форму консорциумов, ассоциаций и подобных экономических объединений. Такая кооперация отмечена в качестве положительного момента для повышения информированности фирм. Однако она сопровождается нежелательными эффектами, нейтрализация которых требует специальных усилий. Как показывает опыт развития деловой сети ФРГ, требуются специальные усилия, чтобы сдержать политическое влияние экономических объединений. Так, в стране выстроены институты сотрудничества государственных органов (от уровня земель до федерального) с негосударственными фирмами, которые включают меры поддержки, сети торговых палат и торговых объединений [Иванова, 2019]. С одной стороны, эти институты обеспечивают передачу текущей картины и потребностей от бизнеса к государству, а с другой – ограничивают возможности политического влияния и концентрации власти в крупных экономических, но частных объединениях. Именно этот риск следует принимать во внимание – риск того, что консорциум/ассоциация, которая концентрирует в себе значительные ресурсы, может действовать как траст, преследующий интересы своих участников, а не национальные. Уже сейчас в стране наблюдается борьба бизнеса за системную поддержку от государства. Так, государство стремится принимать меры для облегчения деятельности критически значимых для национальной экономики компаний. Однако среди претендентов могут быть фирмы, чья значимость в обеспечении суверенитета страны и устойчивости экономики выглядит преувеличенной [Дементьев, 2024]. Этот риск осознаётся и учитывается в системе оценивания при распределении поддержки.

Следующий пункт – обмен технологиями. В сделках о передаче технологий вопрос о полноте передачи – основной. Известно, что конструкторская документация, интеллектуальные права, в том числе, ноу-хау автоматически не гарантируют успех в освоении технологии. Важны навыки людей, и обучение конкретных специалистов неформализуемым навыкам – необходимый элемент передачи технологий. Но даже в части идентифицируемых составляющих технологии часто возникает ситуация неполного описания её компонентов. И это имеет под собой свои основания. Передающая сторона, во-первых, имеет интерес оказания услуг, поставки оборудования и материалов в рамках отдельного соглашения. Таким образом, на первом этапе предлагается технология, а в последующем, когда принимающая сторона вложилась в освоение технологии, на её стороне усилилась группа влияния, заинтересованная в реализации проекта, «вдруг» выявляется нехватка специального оборудования или отсутствия специального технологического процесса, приобретение которых обсуждается отдельно, хотя, строго говоря, является неотъемлемой частью технологии. Во-вторых, передающая сторона сталкивается с риском «выращивания» конкурента на рынках, которые изначально не предусматривались соглашением о передаче технологии. Например, совместная деятельность предполагается в стране А, и именно это зафиксировано в договоре. Строго говоря, очень трудно препятствовать усовершенствованию технологии принимающей стороной и использованию результатов в новой продукции, не охваченной договором о передаче технологий, на территории страны Б. Особенно, если речь об использовании в оборонной сфере. Если же технология подразумевает использование охраняемых результатов множества участников, ситуация усложняется участием большой группы заинтересованных лиц. Однако, с принимающей стороной тоже не всё однозначно. Могут возникать ошибки в оценке совместимости уже освоенных процессов и имеющихся продуктов с получаемой технологией. Случается, что качество необходимого для поддержания новых процессов сырья не соответствует стандартам, но принимающая сторона не заявляет об этом, чтобы не увеличивать портфель приобретаемых технологий и, соответственно, его стоимость.

Упомянутые примеры из области экономических объединений, а также из области передачи технологий показывают различия в скорости установления сотрудничества и его качестве. С одной стороны, объединение для решения политических задач происходит настолько просто и естественно, что государству приходится принимать специальные меры против усиления групп влияния. С другой стороны, при решении научно-технических задач, обмен опытом и технологиями чаще возникают трудности, умолчания, моральный риск.

При рассмотрении вопросов сотрудничества между сотрудниками одной организации ситуация не выглядит сильно лучше. Да, для внешнего участника организация может представляться одной стороной

сделки. И юридически это так. Но внутри организации могут оказаться свои группы влияния. Так, разработка программного решения для организации внешним исполнителем может оказаться непростой задачей, если результат будет использоваться одним подразделением, данные для него поставляются другим, а внедрение осуществляет третье подразделение. Руководители каждого из подразделений испытывают свои ограничения (один заинтересован в снижении затрат закупки, другой – в сохранении своей монополии на данные, третий – в кибербезопасности) и, если их карьерные траектории пересекаются, имеют вторичный интерес в «провале» сопоставимых в иерархии коллег. Таким образом, идеальная картина международного сотрудничества и движения к технологическому суверенитету разбивается о скрытые мотивы и вторичные интересы участников. Однако ситуация не является безнадежной. Теория и практика передачи технологий, теория контрактов, теория экономических механизмов, теория игр дают подсказку к тому, как реагировать на те или иные риски и добиваться желаемых состояний.

Краткий обзор некоторых направлений в экономико-математических исследованиях, которые можно было бы объединить под названием «поиск условий для долгосрочного сотрудничества», открывает класс задач о поиске стабильной системы договоров. Когда имеются взаимодополняющие друг друга участники, каждый из которых имеет некоторые предпочтения и функцию выбора, возможно построить их парные сочетания, следуя конечному алгоритму Гейла-Шепли. Вообще говоря, исходная задача предполагает большие множества участников и сопоставление многих-ко-многим, но можно указать пример, когда подобный алгоритм применяется к двусторонней сделке [Данилов, 2021]. В упомянутой работе два участника выбирают предпочтительные для себя условия из множества потенциальных контрактов. Причём контракт является гибким в том смысле, что стороны могут выбирать интенсивность использования условий – не исчерпывать все доступные возможности сделки, а использовать лишь их некоторую часть. Результат работы состоит в том, что в пошаговой процедуре последовательных улучшений стороны приходят к соглашению, отклоняться от которого невыгодно ни одному из участников. Однако, имея в виду международное научно-техническое сотрудничество, следует указать на ограничения, при которых получен результат. Наиболее существенным в контексте рассматриваемой темы является отсутствие экстерналий. Но совместимость стандартов, влияние на смежные отрасли, влияние на отношения с другими технологическими и торговыми партнёрами, а также подобные вопросы обязательно находятся в фокусе, когда речь заходит о научно-техническом сотрудничестве. Тем не менее, существование формальных процедур, следование которым обеспечивает «хороший» результат, является достижением, которое нельзя игнорировать. Можно также указать на процедуру последовательного улучшения ставок роялти [Козырев, Неволин, 2013]. Имея ожидания о коммерческом успехе технологии и испытывая некоторые ограничения в своей деятельности, стороны сделки имеют различные предпочтения в получении денежного потока: одним выгоднее взять больше от «неудачной», как они думают, разработки в кратчайшие сроки, другие готовы ждать крупной отдачи от «успешного», на их взгляд, продукта. Эту разницу можно использовать и сместить условия сделки к более предпочтительным одновременно для обоих участников.

Упомянутые работы о достижении «хороших» соглашений между участниками предполагают, что каждая сторона действует со своими предпочтениями. Очень важно: не раскрывает истинные предпочтения, но следует им в действительности. Это явление – формирование контракта в соответствии с предпочтениями сторон – получило в теории игр (и её разделе – дизайне экономических механизмов) название совместимости со стимулами. В более общем случае можно не говорить о контракте в смысле юридически обязывающего документа. Контракт – это принятые сторонами условия и договорённости. Данное направление – разработка совместимых со стимулами механизмов – происходит из модели «агент-принципал», в которой агент часто интерпретируется как наёмный работник со своими предпочтениями, а принципал – работодатель, цель которого состоит в том, чтобы создать условия, при которых работник побуждается к нужному для принципала результату. Результат зависит от усилий работника, и эти усилия не наблюдаемы для принципала или не проверяемы [Holmström, 1979]. В этом направлении, которое тесно связано с теорией контрактов, также накоплены результаты, полезные для практического воплощения конкретных форм сотрудничества. Некоторые положения теории устанавливают концептуальные ограничения, применимые ко многим сделкам. Однако при разработке совместимых со стимулами механизмов получены и такие результаты, которые касаются частностей. Например, о том, каким образом формировать план совместных разработок без чрезмерной траты ресурсов. Пусть несколько подразделений фирмы (это могут быть филиалы или связанные общества; главное здесь – наличие управляющего центра, который распределяет бюджет) ведут свои исследовательские работы. Каждая работа описывается набором технологий на входе и набором технологий на выходе. И каждая работа имеет свой бюджет. При этом выход одних работ служит входом для других работ. Спрашивается, каким образом сформировать бюджет исследовательской работы? Очевидно, подразделениям выгодно завышать бюджет – это позволяет присвоить излишек. Занижение рискованно, поскольку в таком случае работа не даст ожидаемого результата. Для этого случая описана формальная процедура, которая позволяет выявлять ожидаемые руководителями стоимости работ и формировать общий бюджет исследований без преднамеренного завышения сметы [Ва et. al., 2001]. Этот результат может быть полезен для планирования работ в консорциуме разработчиков, о котором говорили участники Конгресса.

#### **Примеры направлений сотрудничества**

Представители делового сообщества высказывались на Конгрессе не только о вариантах сотрудничества на пути к технологическому суверенитету, но и о направлениях совместной работы. Они включают

разработку отраслевых решений на уровне предприятий, технологии искусственного интеллекта, образовательные программы и подготовку кадров, микро- и радиоэлектронику, интеллектуальные транспортные системы, кибербезопасность, госуправление, авиацию и освоение космоса, финансы. Здесь сделан акцент на некоторых из них – кибербезопасности, финансах, беспилотных авиационных системах. Технологическим искусственного интеллекта посвящён следующий раздел. Простальное внимание к ним объясняется, во-первых, звучанием темы на многих заседаниях Конгресса. Во-вторых, их сквозным характером (в том смысле, что искусственный интеллект становится основой многих технических решений во многих сферах деятельности). В-третьих, вниманием к стратегическому характеру технологии, что подчёркивается уровнем соответствующих документов и потенциальным воздействием на граждан.

Тема кибербезопасности получила на Конгрессе особое звучание в связи со взрывами пейджером в Ливане в сентябре 2024 г. Этот пример, наряду с обвалом критической информационной инфраструктуры в Малайзии в 2022 г. подчёркивает важность доверенной инфраструктуры. Однако с ростом количества ИТ-функций и числа пользователей неизбежно растёт количество уязвимостей. Часто встречающейся ошибкой бизнеса, которая создаёт большую уязвимость в информационном плане, является размещение всего ИТ-функционала на одном сервере. Причём чем больше компания, тем выше шансы на успех методов социальной инженерии для получения доступа к инфраструктуре: при большем количестве сотрудников, разнообразии их функционала и интересов, повышении асимметрии информации между должностными лицами злоумышленникам доступно больше вариантов для осуществления задуманного. Многие заинтересованы развивать сотрудничество в области кибербезопасности, но специалисты не видят здесь надёжных инструментов защиты. Взламывается всё, и весь вопрос упирается только в длительность взлома и затрачиваемые усилия. В этой связи рекомендация состоит в выстраивании такой защиты, стоимость преодоления которой окажется достаточно высокой.

Связанным с кибербезопасностью является вопрос об инфраструктуре финансового сектора. В России принят ряд нормативно-правовых актов, которые устанавливают требования к информационной инфраструктуре в данной сфере. В том числе документы утверждают критерии оценки критической информационной инфраструктуры. Соответственно, работающие в этом направлении ИТ-компании следуют принятым требованиям и координируют свои усилия. Представители Банка России представили методику анализа ИТ-ландшафта кредитных организаций, которая следует риск-ориентированному подходу: рассматриваются санкционные риски, ИТ-риски, риски информационной безопасности, учитывается значимость объекта в автоматизированных системах.

Многогранной по количеству поднятых вопросов оказалась тема беспилотных авиационных систем. В части безопасности рассмотрена проблема встраивания дронов в общее воздушное пространство. В части проектирования и производства предложена концепция сети научно-производственных центров, поле деятельности которых должно охватывать каталогизацию компонентов таких систем. Для существенного прогресса, по мнению участников, требуется выход за рамки стандартной компоновки, что связано с дополнительными усилиями, слишком затратными для небольших коллективов. И часть этих усилий – по исследованию аэродинамики, электрических схем, материалов и т.п. – должна взять на себя сеть научно-производственных центров. В части поиска приложений для беспилотных систем и их популяризации также проводятся соответствующие мероприятия.

### **Искусственный интеллект как возможная тема для международного сотрудничества**

Технологии искусственного интеллекта названы участниками Конгресса одной из составляющих технологического суверенитета. Во-первых, собственные наборы данных, среда разработки, собственные модели обучения и программы, реализующие ту или иную технологию, повышают уверенность в том, что выдаваемый компьютером результат будет соответствовать ожиданиям. Во-вторых, говоря о генеративных моделях, следует отметить примеры смещения выдачи в конкретную сторону – без достаточного разнообразия вариантов [Walker, Timoneda, 2024]. Последнее особенно важно ввиду того, что, выигрывая время в разработке собственных продуктов, компании вынуждены полагаться на открытые разработки, программные библиотеки и датасеты, рискуя попасть в зависимость от предопределённого технологией выбора. В то же время генеративные модели являются примером конкретной технологии искусственного интеллекта, с которой взаимодействуют как профессионалы, стремящиеся сократить трудоёмкость рутинных операций в работе с текстами и изображениями, так и обыватели, желающие получить простые и понятные рекомендации, а также некоторую справочную информацию. Уже отмеченные тезисы об использовании технологий искусственного интеллекта при выполнении рутинных операций, о развитии доверенного искусственного интеллекта и вовлечённости граждан не являются сюжетами одних лишь СМИ и научных публикаций. Их можно проиллюстрировать практикой – сообщениями участников Конгресса. Так, представители фирмы T+1 указывают на разработки, которые повышают производительность сотрудников, работающих с информацией. Среди них – корпоративный интеллектуальный справочник на основе GPT, работая с которым сотрудники лучше ориентируются в действующих на предприятии документах, быстрее и на понятном для себя языке получают ответы на вопросы, например, о порядке действий для решения тех или иных производственных задач. Также востребованы продукты для суммаризации текстов – выделения и сравнения основных тезисов (с осторожностью можно сказать «смыслов») массива документов. Среди продуктов для непосредственной поддержки производственных процессов можно указать на оптимизацию обслуживания техники – переход от регламентных работ к

операциям на основе фактического состояния оборудования, которое оценивается по результатам анализа больших данных.

Несмотря на значительное количество продуктов с использованием технологии искусственного интеллекта в промышленной сфере, население в целом воспринимает технологию и формирует отношение к ней по легко доступным сообщениям – СМИ, рекламе, популярному изложению результатов. Эти сообщения, однако, относятся и к злоупотреблениям с использованием искусственного интеллекта (в качестве инструмента мошенников, в том числе, для создания «дипфейков»), и к ошибочным решениям на основе сгенерированных компьютером результатов (например, включение адвокатом в официальные ходатайства ссылок на несуществующие прецеденты), и к восторженным отзывам об успехах технологии (успешное прохождение компьютером вступительных испытаний в лучшие ВУЗы или первенство в интеллектуальных играх). Популярные сообщения об успехах искусственного интеллекта, в свою очередь, могут оказаться предвзятыми, и не выглядят такими впечатляющими, если аккуратно проникнуть в условия испытаний [Козырев, 2018]. Так, программа Alpha Zero с использованием искусственного интеллекта обыграло шахматную программу Stockfish в не вполне честном соревновании. Во-первых, первая программа работала на тензорном процессоре, в то время как команды проигравшей обрабатывались менее производительным матричным процессором. Во-вторых, для «выравнивания» условий программу Stockfish отключили от базы дебютов и эндшпилей – её важных компонентов. По мнению организаторов турнира, такой ход оправдан: поскольку Alpha Zero не использует такие базы, то их также не должны использовать соперники. По красивому образу А.Н. Козырева, с тем же успехом можно устроить соревнование между велосипедом и автомобилем, оставив последнему только два колеса – именно этот шаг «способен уравнивать» шансы участников в соревновании двухколесных транспортных средств.

Согласно исследованиям ВЦИОМ, результаты которых также озвучены на Конгрессе, хотя значительное количество россиян осведомлены об искусственном интеллекте (87% что-то слышали о технологии, по данным 2022г.), знания в этой области остаются поверхностными (только 36% опрошенных могут объяснить, что представляют собой технологии искусственного интеллекта). Причём респонденты гораздо охотнее одобряют применение технологии в промышленности (82% опрошенных), в строительстве (76%), чем в тех областях, с которыми население соприкасается более регулярно (Безопасность и здравоохранение – по 64%, образование – 58%, государственное управление – 41%). Это наблюдение позволяет выдвинуть гипотезу о том, что общее понятие «технологии искусственного интеллекта» вызывает различные ассоциации, и для более детальной картины, в том числе для целей государственного управления, следует задавать вопросы о конкретных реализациях: машинное зрение на транспорте, трансляция речи в текст, анализ рентгеновских снимков и т.п. Следует отметить, однако, доминирование представления об искусственном интеллекте как о компьютерной программе – без появления в ней чего-то более глубокого, свойственного человеку. Так, лишь 11% согласились с утверждением о том, что искусственный интеллект можно научить этичности и всегда учитывать нормы морали в своих решениях (данные 2024г.). 77%, в свою очередь, отметили требование обязательного участия человека в оценке этичности соответствующих продуктов и решений, поскольку сам искусственный интеллект на такое не способен (также данные 2024г.). Эти цифры усиливают тезис о контроле за используемыми технологиями как о факторе суверенитета. Не говоря о техническом и социально-экономическом аспектах, само общество считает, что искусственный интеллект следует с большой осторожностью допускать к обработке чувствительных данных, работе в тонких и деликатных с человеческой точки зрения сферах. Возможно, отношение к искусственному интеллекту как к контролируемой разработчиками программе, которая является инструментом для решения конкретных задач, а не заменой человека в социально значимых, ценностных и культурных вопросах, становится тем пунктом, вокруг которого стоит выстраивать международное сотрудничество в этой области.

С целью обезопасить своих граждан, предприятия и органы власти от угроз информационной безопасности государства реализуют проекты для развития доверенного искусственного интеллекта. «Доверенность» при этом имеет общее с «суверенитетом», как он описан в начале статьи: это уверенность в том, что система выполняет возложенные на неё задачи с требуемым уровнем качества<sup>4</sup>. Для движения в сторону таких систем усилия направлены на анализ и защиту наборов данных; развитие методов интерпретации моделей и методов модификации моделей; создание инструментов для поиска сопоставительных примеров; анализ и фильтрацию запросов к искусственному интеллекту; создание наборов доверенных моделей и наборов данных; создание инструментов для безопасной разработки и тестирования. Усилия такого рода поддерживаются государством<sup>5</sup>.

Наряду с упомянутой программы доверенного искусственного интеллекта следует отметить вовлечённость большого количества организаций, участвующих в подготовке кадров, поддержке малого предпринимательства, распространения лучших практик, в том числе, стандартизации. На момент написания статьи в стране уже принято 127 стандартов в сфере искусственного интеллекта, в том числе, по созданию систем в образовании, здравоохранении, промышленности и на транспорте. И эта работа, помимо формализации и экспертной оценки лучших практик, также привела к классификации угроз, которые могут повлиять на

<sup>4</sup> По ГОСТ Р 59276-2020 Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия. Общие положения

<sup>5</sup> Доверенность предусмотрена Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года. В развитие Национальной стратегии утвержден федеральный проект «Искусственный интеллект» (далее – ФПИ) сроком реализации до конца 2024 года.

качество систем искусственного интеллекта на всех стадиях жизненного цикла. Всё это – опыт реализации программ, координация усилий, наработанные стандарты, прикладные разработки – позволяют говорить о том, что, обращаясь к международному сотрудничеству в области искусственного интеллекта, Россия может сформировать предложение для совместного движения к стабильному и долгосрочному партнёрству в данной сфере.

В части правового регулирования отношений, связанных с искусственным интеллектом, эксперты отмечают обилие документов стратегического характера – чувствуется конкуренция в установлении рамок и трансляция собственного видения будущего между различными организациями, в том числе, на международном уровне. Главные вопросы в фокусе внимания – этика и оборот данных. Отмечено, что в России этика не стоит во главе угла, но она звучит на совещаниях БРИКС. Известно, однако, что отечественные компании добровольно присоединяются к кодексу этики<sup>6</sup>. На международном уровне отмечена тенденция экспорта европейского подхода, т.е. стремление зарегулировать и ограничивать деятельность разработчиков систем искусственного интеллекта. Такие действия негативно сказываются на ИТ-сфере в ЕС, и страны, нацеленные на лидирующие позиции, не спешат следовать ему. Говоря о национальном регулировании искусственного интеллекта, эксперты – участники Конгресса отмечают достаточность текущего законодательства об интеллектуальной собственности, об информации для урегулирования отношений (включая договорное право – через пользовательские соглашения). Это означает, что подавляющее большинство правоотношений, связанных с искусственным интеллектом, может быть урегулировано в рамках существующего законодательства, и в срочных мерах по устранению пробелов в этой области нет необходимости. Прозвучало экспертное суждение о том, что призывы к урегулированию отношений направлены скорее не на устранение пробелов, а на изменение текущего регулирования, которое по тем или иным причинам не устраивает тех, чьи голоса звучат. Это суждение высвечивает конкурентную борьбу предпринимателей не только в виде продуктов и технологий, но и в виде институтов (действующим законодательством и изменённым) для получения наиболее благоприятных для себя условий. Причём эта борьба распространяется на, казалось бы, далёкие от ИТ-сферы деятельности. Так, относительно быстрая и недорогая генерация качественного контента позволяет получить преимущества на рынке, но также поставить в ущемлённое положение представителей творческих профессий (художников, актёров, исполнителей и т.п.). Одни компании несут издержки на привлечение актёров, исполнителей, художников, иллюстраторов и администрирование отношений с ними, другие полагаются на генеративные технологии, обученные с привлечением наборов данных, правомерность использования которых не очевидна. В этой связи системы искусственного интеллекта имеют потенциал для рассмотрения их в качестве инструмента для недобросовестной конкуренции.

Поскольку данные – существенный элемент искусственного интеллекта, поскольку через них реализуется часть атак на системы искусственного интеллекта, и именно они непосредственно влияют на качество таких систем, юриспруденция не может обойти данные своим вниманием. Остро стоит проблема обезличивания данных и их использования для машинного обучения, но в этой сфере уже реализуются инициативы по упрощению использования персональных данных (через обезличивание) с целью создания систем искусственного интеллекта. При этом неаккуратность в работе с персональными данными – одна из распространённых проблем разработчиков. Например, на этапе разметки к персональным данным приходится обращаться тем сотрудникам, доступ которых к чувствительной информации не оформлен соответствующим образом. Эксперты говорят о большом объёме работ в части надлежащего оформления внутренних для ИТ-компаний правил работы с информационными потоками в силу существования в стране порядка 100 правовых режимов для работы с данными (часто это правила доступа к специальным реестрам). Регламентирование работы с данными также предусматривает правовую охрану голоса в качестве неимущественного права граждан.

По поводу правового статуса искусственного интеллекта самой трезвой является позиция о том, что это – программа для ЭВМ, т.е. объект права, и ни о какой субъектности говорить не приходится. Но, тем не менее, вокруг его использования могут возникать интересные случаи. Например, как относиться к использованию одного результата (датасета) для создания другого (продукта генеративной сети) с помощью искусственного интеллекта (программы)? Обладают ли владельцы данных частью прав на сгенерированный результат?

Пока, однако, судебная практика в отношении систем искусственного интеллекта не наработана, остаются возможности для конкуренции институтов в данной сфере, хотя, как показано выше, действующее законодательство и практика координации усилий со стороны заинтересованных лиц сильно ограничивают такие возможности.

### **Заключение**

Как показывают высказывания участников Конгресса, технологический суверенитет понимается крупным отечественным бизнесом и государственными ведомствами как стабильное долгосрочное сотрудничество в критических областях. Это объясняется, в том числе, затратностью усилий по разработке собственных технологий и организации собственных производств. Однако развитие долгосрочного международного сотрудничества требует выстраивания собственных институтов. Самым очевидным и, как показывает зарубежный опыт, эффективным институтом оказывается структура организаций и отношений, которые обеспечивают повышение информированности фирм, государственных ведомств на национальном уровне. Именно

<sup>6</sup> См. подробнее о присоединении к кодексу этики <https://clck.ru/3FJZEW>

выстраивание коммуникаций внутри страны, как ни странно, даёт наибольший эффект для развития деловых сетей и поддержки ВЭД. При этом бизнес, демонстрируя готовность включиться в решение стоящих перед высокотехнологичными отраслями задач, претендует на значительный ресурс и поддержку государства. Как показывает практика, в случае поддержки крупного бизнеса или деловых объединений государство вынуждено принимать специальные меры для ограничения их политического влияния. Но и науке есть, что сказать по части обоснования механизмов взаимодействия – не только на практике. Теория контрактов, дизайн экономических механизмов, совместимых со стимулами, предлагают алгоритмы поэтапного улучшения условий сделок, а также строго доказанную стабильность решений в том или ином смысле.

Участники Конгресса отметили перспективность многих направлений для выстраивания долгосрочного стабильного партнёрства. Однако искусственный интеллект звучал чаще остальных. Это связано, во-первых, со сквозным характером технологии и, во-вторых, с потенциальными рисками и угрозами, которые могут исходить от злонameranого использования технологии. Как показали выступления участников, в стране имеются достижения в развитии по широкому кругу направлений: собственно технологии, промышленные применения, стандартизация, безопасность, регулирование. И, что важно, в обществе преобладает трезвый взгляд на искусственный интеллект как на рабочий инструмент. В этом отношении Конгресс показал, что, обращаясь к международному сообществу с призывом о сотрудничестве, Россия выступает стороной, которая может сформировать собственное предложение.

### Литература

1. Бахтизин А.Р. Гибридные войны и национальная безопасность России // Экономическое возрождение России. – 2024. – № 2(80). – 54–64.
2. Германия. 2023 / под ред. В. Б. Белова, Москва: Институт Европы РАН. - 2024. – 195 с
3. Данилин И.В., Сидорова Е.А. Концепция технологического суверенитета в меняющемся мире // Журнал Новой экономической ассоциации. – 2024. – № 3(64). – 238–243.
4. Данилов В.И. Стабильные системы гибких договоров // Журнал Новой экономической ассоциации. – 2021. – № 3(51). – 12–29.
5. Дементьев В.Е. Технологический суверенитет и экономические интересы // Journal of Institutional Studies. – 2024. - Т.16. - № 3. – 6–18.
6. Иванова А.К. Институциональные механизмы поддержки внешнеэкономической деятельности компаний в ФРГ: специальность 52.50.00: диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Иванова Анна Константиновна, 2022. – 202 с.
7. Иванова А.К. Корпоративная традиция в формировании функциональной поддержки ВЭД ФРГ // Мировая экономика и международные отношения. – 2019. – Т. 63, № 11. – 56-65.
8. Капогузов Е.А., Пахалов А.М. Технологический суверенитет: концептуальные подходы и восприятие российскими академическими экспертами // Журнал Новой экономической ассоциации. – 2024. – № 3(64). – 244–250.
9. Козырев А.Н. Искусственный интеллект как смертный грех человечества // Цифровая экономика. – 2018. – №. 2(2). – 91–95.
10. Козырев А.Н., Неволин И.В. Применение алгоритма решения задачи об оптимальном распределении ресурсов к проблеме назначения цены за использование интеллектуальной собственности // Экономика и математические методы. – 2013. – Т. 49, № 3. – 57–68.
11. Нарышкин А.А. Финансовые и нефинансовые инструменты поддержки экспорта // Вестник МГИМО. - 2021. - №2. –72–91.
12. Ba S., Stallaert J., Whinston A.B. Optimal investment in knowledge within a firm using a market mechanism // Management Science. – 2001. – Vol. 47. – №. 9. – 1203-1219.
13. Edler J., Blind K., Frietsch R., Kimpeler S., Kroll H., Lerch C., Reiss T., Roth F., Schubert T., Schuler J., Walz R. (2020). Technology sovereignty. From demand to concept // Perspectives - Policy Brief No. 02/2020 – 2020. – 27p.
14. Holmström B. Moral hazard and observability // The Bell journal of economics. – 1979. – Vol. 10. - № 1. – 74-91.
15. OECD. Shocks, risks and global value chains: Insights from the OECD METRO model. / OECD Publishing, Paris. – 2020
16. Rojas-Romagosa H. Medium-term Macroeconomic Effects of Russia's War in Ukraine and How it Affects Energy Security and Global Emission Targets / Working Paper No. 2024/039 – 2024. - 41p.
17. Walker C., Timoneda J. C. Identifying the sources of ideological bias in GPT models through linguistic variation in output //arXiv preprint arXiv:2409.06043. – 2024.

### References in Cyrillics

1. Bahtizin A.R. Gibridnye vojny i nacional'naja bezopasnost' Rossii // Jekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii. – 2024. – № 2(80). – 54-64.
2. Germanija. 2023 / pod red. V. B. Belova, Moskva: Institut Evropy RAN. - 2024. – 195 s.
3. Danilin I.V., Sidorova E.A. Konceptija tehnologicheskogo suvereniteta v menjajushhemsja mire // Zhurnal Novoj jekonomicheskoy associacii. – 2024. – № 3(64). – 238-243.

4. Danilov V.I. Stabil'nye sistemy gibkikh dogovorov // Zhurnal Novoj jekonomicheskoy associa-cii. – 2021. – № 3(51). – 12-29.
5. Dement'ev V.E. Tehnologicheskij suverenitet i jekonomicheskie interesy // Journal of Institutional Studies. – 2024. - Т.16. - № 3. – 6–18.
6. Ivanova A.K. Institucional'nye mehanizmy podderzhki vneshnejekonomicheskoy dejatel'nosti kompanij v FRG: special'nost' 52.50.00 : dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata jekonomicheskix nauk / Ivanova Anna Konstantinovna, 2022. – 202 s.
7. Ivanova A.K. Korporativnaja tradicija v formirovanii funkcional'noj podderzhki VJeD FRG // Mirovaja jekonomika i mezhdunarodnye otnoshenija. – 2019. – Т. 63, № 11. – 56-65.
8. Kapoguzov E.A., Pahalov A.M. Tehnologicheskij suverenitet: konceptual'nye podhody i vos-prijatie rossijskimi akademicheskimi jekspertami // Zhurnal Novoj jekonomicheskoy associa-cii. – 2024. – № 3(64). – 244-250.
9. Kozyrev A.N. Iskusstvennyj intellekt kak smertnyj greh chelovechestva // Cifrovaja jekonomika. – 2018. – №. 2(2). – 91-95.
10. Kozyrev A.N., Nevolin I.V. Primenenie algoritma reshenija zadachi ob optimal'nom raspre-delenii resursov k probleme naznachenija ceny za ispol'zovanie intellektual'noj sobstven-nosti // Jekonomika i matematicheskie metody. – 2013. – Т. 49, № 3. – 57-68.
11. Naryshkin A.A. Finansovye i nefinansovye instrumenty podderzhki jeksporta // Vestnik MGIMO. - 2021. - №2. - 72-91.

*Белоусов Фёдор Анатольевич, к.э.н., с.н.с. ЦЭМИ РАН (sky\_tt@list.ru)  
ORCID: 0000-0002-3040-3148*

*Иванова Анна Константиновна, к.э.н., с.н.с. ИЕ РАН (annaivanova@instituteofeurope.ru)  
ORCID: 0000-0001-5357-7602*

*Неволин Иван Викторович, к.э.н., в.н.с. ЦЭМИ РАН (i.nevolin@cemi.rssi.ru)  
ORCID: 0000-0002-8462-9011*

#### **Ключевые слова**

технологический суверенитет, сотрудничество, искусственный интеллект, совместимость со стимулами

**Fedor Belousov, Anna Ivanova, Ivan Nevolin. Technological sovereignty and global competition**

#### **Keywords**

technological sovereignty, cooperation, artificial intelligence, incentives compatibility

DOI: 10.34706/DE-2024-04-03

JEL classification F15 – экономическая интеграция.

#### **Abstract**

Economic modernization and technological development are increasingly associated with measures to strengthen international cooperation. In 2015, measures were developed to strengthen the dialogue between the government and business. Nowadays, however, the intensification of global technological competition, the growth of protectionism and the phenomenon of extraterritorial economic restrictions move the focused on the international technological cooperation. The latter has strategic importance and receives a different content as an object of research. A new understanding of this phenomenon was shown by the International Technological Congress held in September 2024. Its central theme was technological partnership and opportunities for its development between countries, including BRICS platform.

The theme of cooperation, reliable and long-term partnership as the basis of technological sovereignty threaded the industry issues. This article contributes to the discussion of the topic of technological sovereignty by presenting the position of business in the messages of the congress participants. This position correlates with possible barriers to technological sovereignty and scientific methods of overcoming them. Artificial intelligence deserves detailed consideration as one of the areas of cooperation, according to the participants of the congress.

УДК 004.8, 316.6

## 1.4. Методика исследования социальных представлений как инструмент изучения удовлетворенности работой

Волкова А. Д., Костина Т.А., Ноак Н.В.,  
ЦЭМИ РАН, Москва, Россия

**Аннотация:** На основе материалов исследования, проведенного в рамках тренинга в одной из крупных российских компаний, показано, что метод исследования социальных представлений является эффективным инструментом для изучения удовлетворенности сотрудников работой. Возможность анонимных ответов, а также проективный характер методики позволили избежать социально-желательных ответов и вовлечь в работу большинство участников. Используемая методика позволила выявить ключевые аспекты восприятия работы и происходящих трансформаций на новом этапе развития команды.

### Введение

Удовлетворенность сотрудников работой — это важнейший фактор, который напрямую влияет на эффективность компании, ее репутацию и общую конкурентоспособность. Общая удовлетворенность работой должна выполнять посреднические функции между целями организации и работника, быть результатом их сбалансированности [Темницкий А.Л., 2012]. Удовлетворенность работой - результат взаимодействия ряда факторов. На уровень удовлетворенности могут влиять условия труда (рабочее место, эргономика офиса и т.д.), оплата труда и социальные блага, карьерные перспективы (профессиональный рост, мотивация), корпоративная культура, автономность и вовлеченность, баланс работы и личной жизни и др. Удовлетворенность работой (трудом) выступает своеобразным инструментом его оценки с точки зрения как самого работника, так и с учетом объективно необходимых критериев реальности, приемлемой с учетом представлений о хорошей жизни степени насыщения потребностей для определенных профессиональных групп. В советской социологии преобладала точка зрения, согласно которой оценка удовлетворенности работой является определяющим фактором удовлетворенности жизнью в целом [Осипов, Андреев, Денисовский, Козырева, Колбановский, 1982]. Удовлетворенность сотрудников работой является критически важным аспектом управления человеческими ресурсами. Она напрямую влияет на продуктивность, степень вовлеченности и уровень текучести кадров. Удовлетворенность работой (трудом) может стать инструментом по удержанию сотрудников на рабочем месте, а также по увеличению эффективности их работы. Текучесть кадров является одним из наиболее известных и понятных индикаторов удовлетворенности трудом. Для того, чтобы повысить удовлетворенность работой (трудом) у своих работников, руководство предприятия должно регулярно изучать состояние удовлетворенности трудом у своих сотрудников, выявлять и по возможности устранять наиболее частые причины увольнения. [Терелецкова, Халитова, 2023].

### Основная часть. Методика.

Для диагностики удовлетворенности сотрудников работой на предприятии используются различные методики [Журавлева, Зарубина, Симачкова, Чупина, 2019; Лежнина, 2017; Иванова, Рассказова, Осин, 2012], в зависимости от поставленных задач. Методика П. Вержеса опирается на принцип ассоциативных связей, который предполагает выявление ключевых факторов путем анализа социальных представлений (далее СП) респондентов. [Волкова, Костина, Ноак, 2023].

Эта методика изначально была разработана для исследования восприятия и мнений различных социальных групп, но со временем нашла применение и в области управления персоналом.

Процесс исследования включает несколько этапов.

**Сбор ассоциаций.** Сотрудникам предлагается перечислить несколько слов или фраз, которые возникают у них в ассоциациях с определенным концептом/понятием. Грамматическая форма этих слов и выражений в этом случае не имеет значения.

**Структурирование данных:** Собранные ассоциации группируются и классифицируются по тематическим категориям.

**Построение визуальной схемы.** Создается визуальная схема, которая показывает центральные и периферические элементы восприятия респондентов. Здесь используется прототипический анализ П. Вержеса [Vergès, 1994]. Он постулирует, что получаемые социальные представления представляют собой организованную, иерархическую систему, состоящую из двух интерактивных подсистем. Центральная система (Ядро) связана с коллективной памятью и нормами социальной общности, согласованна, относительно стабильна и не очень чувствительна к непосредственному контексту. Функция её – порождать значение представления и определять его организацию. Периферийная система состоит из элементов, конкретизирующих содержание Ядра, иллюстрирующих их. Анализ результатов. На основе схемы проводится анализ, позволяющий выделить ключевые аспекты, влияющие на объект исследования.

Методика обладает рядом преимуществ, которые делают её привлекательной для HR-специалистов и менеджеров. 1) Глубокий анализ: способна выявлять неочевидные связи и понимание факторов,

которые традиционные опросы могут не обнаружить. 2) Гибкость: позволяет адаптировать исследование под конкретные нужды и контекст организации, благодаря возможности детализации и изменения тематических категорий. 3) Вовлечение сотрудников. Участие в исследовании повышает осознанность сотрудников в отношении своих ощущений и впечатлений от работы, что может способствовать более открытому диалогу с руководством. 4) Психологический эффект. Метод свободных ассоциаций является эффективным инструментом, способствующим снижению уровня тревоги у респондентов. Во время тестирования или опросов, особенно в условиях рабочей среды, участники часто испытывают беспокойство, что может привести к желанию предоставить ответы, соответствующие социальным нормам или ожиданиям, а не отражающие их истинное восприятие. Это связано с желанием избежать осуждения, сохранить профессиональный имидж или даже сохранить работу. Такое поведение часто приводит к искажению реальных мнений и чувств, что, в свою очередь, затрудняет получение точной информации для исследователей и может повлиять на результаты.

Метод свободных ассоциаций помогает преодолеть эти барьеры. Во-первых, он снижает давление, так как вместо прямых вопросов, требующих ответа, который можно оценить как "правильный" или "неправильный", респондентам предлагается просто записать слова, которые приходят на ум. Этот процесс позволяет участникам выражать свои мысли более свободно и открыто, не думая о возможных последствиях своего ответа.

Кроме того, метод ассоциаций способствует минимизации сознательной цензуры, так как респонденты не обязаны предоставлять структурированные ответы или аргументировать свою позицию. Вместо этого они могут передать свои личные чувства, переживания и мысли, что позволяет им действовать более естественно и искренне. Это особенно важно в условиях, когда исследуемая тема может быть связана с личными переживаниями или трудными ситуациями на работе, такими как стресс, неудовлетворенность работой или проблемы в коллективе [Емельянова, 2016; Guimelli 2000; Deschamps, 2022]

Сам факт проведения экспериментального исследования по выявлению СП имеет большое значение. Как пишут авторы [Abric, Mardellat, 1973], испытуемый не теряет своих социальных характеристик перед дверью лаборатории. Он продолжает реагировать, понимать и придавать значение экспериментальным сценариям, исходя из своего социального статуса или, точнее, из места, которое он занимает в социальной системе. В данной статье мы предлагаем применить метод исследования социальных представлений с помощью прототипического анализа П. Вержеса для изучения удовлетворенности работой.

#### **Организация исследования.**

Исследование проводилось в команде, находящейся в ситуации трансформации в связи со сменой руководителя. В структурно сложившийся коллектив пришел новый молодой, амбициозный руководитель с высокими категоричными требованиями. В связи с этим появился запрос от руководства компании на проведение исследования удовлетворенности работой и мотивационного тренинга. Целью исследования было выявить социальные представления респондентов о концепте «работа», используя метод метода простых свободных ассоциаций и структурного анализа, предложенного П. Вержесом.

Сбор данных для исследования проводился в начале основной части тренинга.

Команда сотрудников была разделена на 3 группы. Отдельную группу составили руководители (сюда вошли руководитель всей команды и его заместители, руководители структурных подразделений). Участникам-респондентам было предложено написать ассоциации на слово «работа».

Инструкция (устно). Напишите 5 ассоциаций на слово «Работа». С чем ассоциируется работа? Грамматическая форма слова-ассоциации может быть любой. Напишите первое, что придет в голову, не задумываясь - нет неправильных ответов.

В исследовании приняли участие четыре группы респондентов: три группы сотрудников и одна группа руководителей, всего 41 человек. В ходе выполнения задания было собрано 147 ассоциаций, которые позже были обработаны с использованием контент-анализа. Основной задачей на этом этапе было выделение ключевых категорий, отражающих наиболее значимые для респондентов аспекты понятия «работа». Таким образом, в результате контент-анализа ответов респондентов-сотрудников было выделено шесть основных категорий: «Деньги/Доход», «Позитив», «Негатив», «Команда», «Задачи/Результат», «Клиенты». Ответы группы респондентов-руководителей распределились по 7 категориям: «Деньги», «Позитив», «Команда», «Самореализация/саморазвитие», «Ответственность», «Негатив», «Цели/задачи». Каждая категория содержит разное количество ассоциаций. Так, например, в категорию «Деньги/Доход» вошли ассоциации, так или иначе связанные с финансовыми аспектами работы и материальным вознаграждением за труд. Включенные в эту категорию ассоциации, такие как «деньги», «доход», «зарботок», «зарплата», «источник дохода», «вознаграждение», объединяет общая тема материальных благ, которые сотрудник получает за свою работу. Эта категория отражает важность финансовых аспектов труда, являющихся одним из ключевых мотиваторов для большинства людей. Всего в категорию вошли 26 ассоциаций, что является частотой категории и используется в дальнейших расчетах при выделении структурных составляющих СП.

На следующем этапе категории распределялись по структурным частям социального представления в зависимости от частоты и ранга ассоциаций, вошедших в категории. Так, в Ядро СП группы респондентов-сотрудников вошли категории: «Деньги», «Позитив», «Негатив».

В Ядро социального представления группы респондентов-руководителей вошли категории: «Деньги», «Позитив». В зону «Внешнего влияния» СП группы сотрудников вошла категории «Коллеги/команда». У

руководителей в этой зоне СП «Команда», «Самореализация/саморазвитие». В Зону потенциальных изменений в группе сотрудников не попала ни одна категория, у респондентов-руководителей - «Ответственность».

И самая дальняя, подвижная часть СП - вторая периферия - в группе сотрудников образована категориями «Задачи/результат», «Клиенты»; в группе респондентов-руководителей - «Негатив», «Цели/задачи».

<b>ЯДРО</b> (частота $\geq 16$ ; ранг $< 3,495$ )	<b>Внешнее влияние</b> (частота $\geq 16$ ; ранг $\geq 3,495$ )	<b>ЯДРО</b> (частота $\geq 5$ ; ранг $< 3,71$ )	<b>Внешнее влияние</b> (частота $\geq 5$ ; ранг $\geq 3,71$ )
ДЕНЬГИ	КОЛЛЕГИ / КОМАНДА	ДЕНЬГИ	КОМАНДА
ПОЗИТИВ (развитие, возможности, счастье, удовольствие...)	.	ПОЗИТИВ (интерес, красота, увлеченность, успех...)	САМОРЕАЛИЗАЦИЯ / САМОРАЗВИТИЕ
НЕГАТИВ (раб, усталость, стресс...)			
<b>Зона потенциальных изменений</b> (частота $< 16$ ; ранг $< 3,495$ )	<b>Периферия</b> (частота $< 16$ ; ранг $\geq 3,495$ )	<b>Зона потенциальных изменений</b> (частота $< 5$ ; ранг $< 3,71$ )	<b>Периферия</b> (частота $< 5$ ; ранг $\geq 3,71$ )
	ЗАДАЧИ / РЕЗУЛЬТАТ	ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	НЕГАТИВ (преодоление, стресс)
	КЛИЕНТЫ		ЦЕЛИ / ЗАДАЧИ

Рис.1 Структура СП группа 1-3 (сотрудники)

Рис. 2. Структура СП группа 4 (руководители)

### Анализ результатов.

В группе респондентов-сотрудников Ядро (Квадрат 1) социального представления о работе включало три категории: «Деньги», «Позитив» и «Негатив». Полярность этих категорий указывает на амбивалентность восприятия работы в этой группе. С одной стороны, «Деньги» и «Позитив» представляют собой позитивные и значимые аспекты работы, с другой — «Негатив» указывает на наличие тревоги и разочарования, стресса, связанных с работой. Эта полярность, вероятно, отражает внутреннее напряжение в восприятии работы сотрудниками, где позитивные и негативные элементы сосуществуют, создавая нестабильное отношение. Такое разделение, возможно, связано с ощущением неудовлетворенности, вызванной конфликтами в коллективе и/или низким уровнем мотивации.

Одним из возможных объяснений такой амбивалентности может быть использование сотрудниками определенных психологических защитных механизмов, в частности юмора как способа борьбы со стрессом. Такая реакция позволяет им адаптироваться к новым условиям, смягчая воздействие стресса и создавая возможность для эмоциональной регуляции.

В группе респондентов-руководителей Ядро социального представления о работе составляют две категории: «Деньги» и «Позитив». Это Ядро выглядит более согласованным и позитивным, что может быть связано с более высокой степенью самореализации и профессиональной уверенности руководителей, а также большей вовлеченностью в рабочие процессы.

Структурная часть СП «Внешнее влияние» (Квадрат 3) отражает те элементы социального представления, которые находятся под воздействием внешних факторов. У группы респондентов-сотрудников в эту зону попала категория «Команда/Коллеги». Их восприятие работы в значительной степени зависит от взаимодействия с коллегами, однако эта категория не входит в Ядро. Команда воспринимается как важный, но не основополагающий элемент работы. В группе руководителей категории «Команда» и «Самореализация/Саморазвитие» могут указывать на то, что эти ценности пока не являются органично интегрированными в их представление о работе. Они воспринимаются как внешне навязанные и не занимают устойчивого места в структуре их СП. Это может быть связано с принятой руководителями профессиональной ролью, ориентированной на более высокие, стратегические цели, которые часто предполагают управление и координацию, а не участие в ежедневном взаимодействии внутри команды. Таким образом, командная работа и личностное развитие воспринимаются руководителями как значимые, но второстепенные элементы, которые пока не играют ведущую роль в их представлениях о работе.

Зона потенциальных изменений (Квадрат 2) представляет собой элементы социального представления, которые могут стать более значимыми в будущем. В группе сотрудников эта зона осталась пустой, что может свидетельствовать о том, что в текущий момент сотрудники не видят возможных изменений в своей работе или в самой организации в обозримом будущем. Это может быть обусловлено несколькими причинами. 1) Одной из возможных причин может быть отсутствие ясности в видении изменений в организации. Респонденты могут не ощущать, что в ближайшем будущем произойдут какие-либо значимые трансформации в их рабочем процессе, корпоративной культуре или структуре компании. 2) Неопределенность и тревога. Отсутствие элементов в зоне потенциальных изменений также может быть связано с чувством неопределенности и тревоги, которое испытывают респонденты в условиях изменений в коллективе (например, прихода нового руководителя). Страх перед неопределенностью может снижать способность к прогнозированию, создавая ощущение, что изменения невозможны или слишком сложны для реализации. 3) В некоторых случаях пустая зона может быть следствием стагнации или низкой мотивации, особенно если сотрудники долгое время работали в стабильной и комфортной

среде, не сталкиваясь с необходимостью адаптации или изменений. 4) Отсутствие ассоциаций в зоне потенциальных изменений может быть связано с дефицитом реальных ресурсов для изменений. Если сотрудники не ощущают, что они могут повлиять на изменения в компании, они могут не воспринимать будущее как область для потенциальных преобразований.

В целом, пустой Квадрат в зоне потенциальных изменений указывает на отсутствие веры в будущее и предсказывает низкий уровень ожиданий от изменений. Эти предположения подтверждаются нашими последующими наблюдениями за группами респондентов в условиях их ежедневного взаимодействия и в процессе индивидуальных интервью.

Интерпретацию пустой зоны «Потенциальных изменений», на наш взгляд, целесообразно связать с этапом формирования команды, особенно в контексте прихода нового руководителя. Согласно модели Такмана по развитию команды, [Ласкова, 2024], группа в своей динамике проходит следующие этапы: формирования, шторминга, нормирования и исполнения. Когда новый руководитель приходит в команду, он может инициировать первый этап развития коллектива — формирование. На этом этапе сотрудники еще не создали новых отношений друг с другом, и роли внутри группы не распределены четко. Поэтому любые изменения, на которых могут быть построены дальнейшие улучшения, становятся трудно воспринимаемыми или даже невидимыми.

На стадии формирования команда ориентирована на установление основных взаимодействий, поиски роли каждого члена группы в новой ситуации. В этом процессе сотрудники могут быть сосредоточены на преодолении внешних и внутренних барьеров, связанных с новым руководителем и новыми требованиями. Этот этап может препятствовать восприятию изменений, так как сотрудники, переживая неопределенность и адаптируясь к новым реалиям, могут не видеть, что изменения действительно происходят. Сотрудники, находясь на этой стадии, испытывают тревогу и сопротивление нововведениям. Изменения могут восприниматься как внешнее давление. Прогнозирование будущего на этом этапе для большинства сотрудников может быть невозможным, так как они не могут интегрировать изменения в свою картину мира. Таким образом, отсутствие элементов в зоне «Потенциальных изменений» может быть связано с тем, что команда еще не достигла той стадии развития, где возможны прогнозы и определение долгосрочных изменений. Все текущие изменения воспринимаются скорее как краткосрочные и связанные с внешним влиянием (новым руководителем), а не как часть более широкого процесса развития команды.

Для группы руководителей зона потенциальных изменений включает категорию «Ответственность». Хотя ответственность является важным элементом в восприятии работы у руководителей, она пока не занимает центрального места, но может стать более значимой в будущем.

Дальняя периферия (Квадрат 4) включает те элементы социального представления, которые являются наименее стабильными и более подвижными. В группе сотрудников эта зона представлена категориями «Задачи/Результат» и «Клиенты». Эти категории могут быть важными для отдельных сотрудников, но не являются общепринятыми ценностями в коллективе в целом. С течением времени этот фокус либо укрепится, либо исчезнет, в зависимости от развития ситуации в коллективе и изменений в организационных приоритетах.

В группе руководителей дальняя периферия представлена категориями «Негатив» и «Цели/Задачи». Респонденты этой группы, несмотря на то, что фокусируются на достижении целей, воспринимают негативные аспекты работы как личные трудности, которые могут быть преодолены с учетом профессиональных амбиций и задач. Такие ассоциации, находящиеся в подвижной части социального представления, могут со временем изменяться в зависимости от профессиональных успехов или неудач.

Сравнение структуры социальных представлений о работе у сотрудников и руководителей выявляет значительные различия, которые могут быть связаны с внутренними конфликтами, возникшими в коллективе после прихода нового руководителя. Значимая тема, которая выделяется при анализе СП сотрудников – озабоченность (опора при репрезентации) нравственно-психологическими проблемами (деньги, доход, возможности, раб, счастье). Здесь само творчество СП (сам процесс репрезентации) для респондентов выполняет роль снятия психического напряжения, регуляции эмоционального состояния через актуализацию нравственного модуса.

В отличие от сотрудников, руководители демонстрируют более согласованное восприятие работы. Однако, как показало распределение категорий, «Команда» и «Самореализация/Саморазвитие» находятся в зоне внешнего влияния, что может свидетельствовать о попытках навязывания извне таких корпоративных ценностей, как командная работа и личностное развитие, которые ещё не стали внутренними убеждениями респондентов.

Таким образом, структура социальных представлений о работе у сотрудников и руководителей демонстрирует наличие конфликта, обусловленного изменениями, происходящими в связи с приходом нового руководителя. Для сотрудников нововведения воспринимаются как дополнительное давление, а корпоративная культура и командные ценности остаются периферийными и внешне навязанными, что может усиливать чувство неудовлетворенности. Руководители, в свою очередь, ещё не полностью приняли эти изменения как часть своей профессиональной идентичности, что создает разрыв между требованиями руководства и реальными ценностями.

**Заключение.**

Метод анализа социальных представлений оказался эффективным диагностическим инструментом для оценки удовлетворенности работой в коллективе.

В отличие от традиционных методов оценки, метод изучения СП способствует более честным и открытым ответам, так как он предоставляет респондентам возможность выражать свои мысли и переживания без явной необходимости следовать социальным ожиданиям или предвзятым нормам. Кроме того, метод социальных представлений предоставляет ценную информацию для предположений о динамике развития коллектива. Он позволяет не только зафиксировать текущее состояние командной атмосферы, но и предсказать возможные направления изменений, что помогает планировать дальнейшую работу с командой. На основе полученных данных можно дать точечные рекомендации по улучшению психологического климата в коллективе, включая методы работы с конфликтами, мотивацией, а также с внедрением новых ценностей и изменений.

Амбивалентность восприятия работы у респондентов-сотрудников отражает внутреннее напряжение, наличие тревоги и разочарования. Сотрудники не видят возможных изменений в своей работе или в самой организации в обозримом будущем. Страх перед неопределенностью снижает способность к прогнозированию, создавая ощущение, что изменения невозможны или слишком сложны для реализации. Такие значимые ценности, как «Задачи/Результат» и «Клиенты» важны для отдельных сотрудников, но не являются общепринятыми ценностями в коллективе в целом.

В группе респондентов-руководителей Ядро социального представления о работе выглядит более согласованным и позитивным, что может быть связано с более высокой степенью самореализации и профессиональной уверенности руководителей, а также большей вовлеченностью в рабочие процессы. Командная работа и личностное развитие воспринимаются руководителями как значимые, но второстепенные элементы, которые пока не играют ведущую роль в их представлениях о работе. Хотя ответственность является важным элементом в восприятии работы у руководителей, она пока не занимает центрального места, но может стать более значимой в будущем. Сравнение структуры социальных представлений о работе у сотрудников и руководителей выявляет значительные различия, которые могут быть связаны с внутренними конфликтами, возникшими в коллективе после прихода нового руководителя.

Эти предположения подтверждаются нашими последующими наблюдениями за группами респондентов в условиях их ежедневного взаимодействия и в процессе индивидуальных интервью.

В общем и целом, используемая нами методика исследования социальных представлений позволила не только выявить ключевые аспекты восприятия работы, но и глубже понять, как сотрудники воспринимают изменения, как они взаимодействуют в команде и как чувствуют влияние внешних факторов, таких как новый руководитель.

**Литература**

1. Бовина И.Б., Дворянчиков Н.В., Мельникова Д.В., Лаврешкин Н.В. К вопросу об исследовании социальных представлений: взгляд со стороны // Социальная психология и общество. 2022. Том 13. № 3. С. 8—25. DOI: <https://doi.org/10.17759/sps.2022130302>
2. Волкова А.Д., Костина Т.А., Ноак Н.В. Социальные представления об ИИ: методологические аспекты (Часть 2) // Цифровая экономика № 26, 2023, с.18-26.
3. Втюрина Т.А. Изучение мотивации и мотива: ментальные репрезентации / Т.А. Втюрина Психология: проблемы практического применения: материалы I Международ. науч. конф. (г. Чита, июнь 2011 г.). - Чита: Издательство Молодой ученый, 2011. - С. 9-16.
4. Емельянова Т.П. Социальные представления: История, теория и эмпирические исследования. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2016. –476 с.
5. Журавлева Л.А., Зарубина Е.В., Симачкова Н.Н., Чупина И.П. Методы исследования удовлетворенности персонала трудовой деятельностью // 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. Управление экономикой, системами, процессами. Сб. статей III Межд. науч.-практ. конференции, 2019. – С. 114-117
6. Иванова Т.Ю., Рассказова Е.И., Осин Е.Н., Структура и диагностика удовлетворенности трудом: разработка и апробация методики // Организационная психология. 2012. Т. 2. № 3. С. 2–15
7. Ласкова Т.С., Е.Е. Айдаркина КОМПАРАТИВИСТИКА МОДЕЛЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ КОМАНД В ОРГАНИЗАЦИЯХ // Вестник Академии знаний. 2021. №4 (45). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/komparativistika-modeley-formirovaniya-komand-v-organizatsiyah> (дата обращения: 16.12.2024).
8. Лежнина А.С. Удовлетворенность трудом персонала образовательного учреждения // Инновационные технологии управления и права. – 2017. – № 1 (17). – С. 90-93.
9. Осипов Г.В., Андреев В.Г., Денисовский Г.М., Козырева П.М., Колбановский В.В. Рабочий класс и инженерно-техническая интеллигенция в СССР: показатели социального развития / Советская социология. Том 11 Динамика социальных процессов в СССР. М.: Наука, 1982 С. 21
10. Темницкий А.Л. Удовлетворенность работой на предприятии как определяющий фактор качества трудовой жизни рабочих России / А.Л. Темницкий // Современный менеджмент. Проблемы, гипотезы, исследования. Сборник научных трудов. Вып.4: в 2 ч. Ч.2. - М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2012. - С. 231-238.

11. Терелецкова Е. В., Халитова Э. Р. Удовлетворенность трудом как метод снижения текучести персонала организации // Экономика и бизнес: теория и практика. 2023. №1-2 (95). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/udovletvorennost-trudom-kak-metod-snizheniya-tekuchesti-personala-organizatsii> (дата обращения: 16.12.2024)

#### References in Cyrillics

1. Bovina I.B., Dvoryanchikov N.V., Mel'nikova D.V., Lavreshkin N.V. K voprosu ob issledovanii social'ny'x predstavlenij: vzglyad so storony' // Social'naya psixologiya i obshchestvo. 2022. Tom 13. № 3. С. 8—25. DOI: <https://doi.org/10.17759/sps.2022130302>
2. Volkova A.D., Kostina T.A., Noack N.V. Social'ny'e predstavleniya ob II: metodologicheskie aspekty' (Chast' 2) // Cifrovaya e'konomika № 26, 2023, s.18-26.
3. Vtyurina T.A. Izuchenie motivacii i motiva: mental'ny'e reprezentacii / T.A. Vtyurina Psi-xologiya: problemy' prakticheskogo primeneniya: materialy' I Mezhdunarod. nauch. konf. (g. Chi-ta, iyun' 2011 g.). - Chita: Izdatel'stvo Molodoj ucheny'j, 2011. - S. 9-16.
4. Emel'yanova T.P. Social'ny'e predstavleniya: Istoriya, teoriya i e'mpiricheskie issledovaniya. – M.: Izd-vo «Institut psixologii RAN», 2016. –476 s.
5. Zhuravleva L.A., Zarubina E.V., Simachkova N.N., Chupina I.P. Metody' issledovaniya udovletvorennosti personala trudovoj deyatel'nost'yu // 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. Upravlenie e'konomikoj, sistemami, processami. Sb. statej III Mezhd. nauch.-prakt. konferencii, 2019. – S. 114-117
6. Ivanova T.Yu., Rasskazova E.I., Osin E.N., Struktura i diagnostika udovletvorennosti trudom: razrabotka i aprobaciya metodiki // Organizacionnaya psixologiya. 2012. T. 2. № 3. S. 2–15
7. Laskova T.S., E E. Ajdarkina KOMPARATIVISTIKA MODELEJ FORMIROVANIYa KOMAND V ORGANIZACIYaX // Vestnik Akademii znaniy. 2021. №4 (45). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/komparativistika-modelej-formirovaniya-komand-v-organizatsiyah> (data obrashheniya: 16.12.2024).
8. Lezhnina A.S. Udovletvorennost' trudom personala obrazovatel'nogo uchrezhdeniya // Innovacionny'e tekhnologii upravleniya i prava. – 2017. – № 1 (17). – S. 90-93.
9. Osipov G.V., Andreenkov V.G., Denisovskij G.M., Kozy'reva P.M., Kolbanovskij V.V. Rabochij klass i inzhenerno-tekhnicheskaya intelligenciya v SSSR: pokazateli social'nogo razvitiya / So-vetskaya sociologiya. Tom 11 Dinamika social'ny'x processov v SSSR. M.: Nauka, 1982 S. 21
10. Temniczkij A.L. Udovletvorennost' rabotoj na predpriyatii kak opredelyayushhij faktor kache-stva trudovoj zhizni rabochix Rossii / A.L. Temniczkij // Sovremennyj menedzhment. Problemy', gipotezy', issledovaniya. Sbornik nauchny'x trudov. Vy'p.4: v 2 ch. Ch.2. - M.: Izd. dom Vy'sshej shkoly e'konomiki, 2012. - S. 231-238.
11. Tereleczkova E. V., Xalitova E. R. Udovletvorennost' trudom kak metod snizheniya tekuchesti personala organizacii // E'konomika i biznes: teoriya i praktika. 2023. №1-2 (95). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/udovletvorennost-trudom-kak-metod-snizheniya-tekuchesti-personala-organizatsii> (data obrashheniya: 16.12.2024.)

Волкова Анастасия Дмитриевна – младший научный сотрудник ЦЭМИ РАН  
SPIN РИНЦ: 1470-2650, ORCID: 0000-0002-4216-9328, [volkova.nst@mail.ru](mailto:volkova.nst@mail.ru),

Костина Татьяна Анатольевна ЦЭМИ РАН, [kostina1@yandex.ru](mailto:kostina1@yandex.ru)

Ноак Наталья Вадимовна – к.психол.н., ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН  
ORCID 0000-0001-8696-5767, [n.noack@mail.ru](mailto:n.noack@mail.ru)

#### Ключевые слова

социальные представления, удовлетворенность работой на предприятии.

**Anastasia Volkova, Tatiana Kostina, Natalia Noack, The methodology of the study of social representations as a tool for studying job satisfaction**

#### Keywords

social perceptions, job satisfaction at the enterprise.

DOI: 10.34706/DE-2024-04-04

JEL classification: D03 – Behavioral Economics; Underlying Principles; O32 - Management of Technological Innovation and R&D

#### Abstract.

Based on the materials of a study conducted as part of a training in one of the largest Russian companies, it is shown that the method of studying social representations is an effective tool for studying employee satisfaction with work. The possibility of anonymous responses, as well as the projective nature of the methodology, made it possible to avoid socially desirable responses and involve the majority of participants in the work. The methodology used made it possible to identify key aspects of the perception of work and ongoing transformations at a new stage of team development.

УДК: 004.932, 517.5

## 1.5. Разработка языка Тривиль. Первые шаги к семейству языков. Часть 1

А. Е. Недоря, г. Санкт-Петербург, Россия

*Это первая статья из серии статей, в которых описывается разработка языка программирования Тривиль: от рассуждения о необходимости разработки нового языка, определения целей и требований и до выбора и обоснования конкретных языковых решений. Статьи, в основном, нацелены не на программиста, который использует язык, а на разработчика языков программирования. В статьях автор использует опыт лекций о разработке языков в МФТИ, ИТМО и Университете Иннополиса.*

### Введение

В статье «Интенсивное программирование» [1] я рассматривал переход от экстенсивного к интенсивному программированию и в качестве одного из шагов перехода упоминал необходимость разработки семейства языков программирования. Уточню еще раз: не языка, а семейства языков, так как один язык не может покрыть все целевые области, удовлетворить требования разработчиков и стилевые предпочтения.

Эта статья описывает первые шаги разработки и реализации семейства языков. Основное внимание в ней я буду уделять не описанию того, что было сделано, а той цепочке рассуждений, которая привела к выбору решений и их реализации.

Почему я считаю это принципиально важным? Больше 40 лет назад, когда я писал свой первый компилятор, основными моими учебниками были книга Гриса «Конструирование компиляторов для цифровых вычислительных машин»<sup>1</sup> и Хартманна «A Concurrent Pascal Compiler for Minicomputers»<sup>2</sup>. Книга Гриса, насколько я помню, была хорошим учебником, типа Dragon Book того времени, а книга Хартманна была совсем другой — в ней автор шаг за шагом описывал разработку конкретного компилятора, указывая, почему то или иное решение было выбрано. Эта книга учила думать! С тех пор я считаю, что «почему» и «зачем» — вот основные вопросы, которые должен задавать себе исследователь и разработчик. Из них следует «что» и «как» делать.

В статье я описываю путь, который был пройден с ноября 2022 года по сентябрь 2023. За это время был разработан сам язык, два компилятора и написана спецификация языка [2].

### ● Зачем семейство языков?

Подробный ответ на этот вопрос выходит за рамки данной статьи, поэтому тезисно:

- современная большая программная система, как правило, содержит части, написанные на разных языках программирования.
- это вызвано тем, что требования для разработки частей системы (таких, как GUI, бизнес логика, системные библиотеки) существенно разные и не могут быть покрыты одним языком без снижения скорости разработки и качества системы.
- использование частей на разных языках приводит к проблемам взаимодействия языков, таким как:
  - разный ABI (application binary interface);
  - разные типовые системы;
  - разное размещение данных в памяти;
  - разный подход к управлению памятью (сборка мусора, счетчики ссылок, ручное управление и т.д.);
  - кроме технологических проблем, есть и бизнес-проблемы, упомяну только необходимость иметь в штате разработчиков, с существенно разным опытом (например, с опытом работы на Rust, C++, Java, Javascript) и квалификацией.

Возможный подход к решению таких проблем: надо разрабатывать не отдельные языки, а семейство совместимых языков, код на которых хорошо взаимодействует. Естественно, что взаимодействие может быть ограничено, например, взаимодействие между языками системного уровня и языком декларативного описания интерфейса, скорее всего, должно быть односторонним.

Не углубляясь в детали, примем за основу следующую постановку задачи: необходимо спроектировать и разработать минимально представительное семейство языков, которое даст подтверждение правильности подхода.

Думаю, что читатель здесь ожидает перехода к определению состава семейства и проектированию языков. Это был бы добротный, академический подход.

1 Д. Грис, Конструирование компиляторов для цифровых вычислительных машин, МИП, Москва, 1975

2 Alfred S. Hartmann, A Concurrent Pascal Compiler for Minicomputers, Lecture Notes in Computer Science (LNCS, volume 50), 1977.

Но я пошел другим путем, путем практического устранения препятствий на пути к намеченной цели. Почему? Просто потому, что в ноябре 2022 года я не мог определить состав семейства языков. Этому слона надо было есть по частям. Теперь, в 2024, пройдя этот путь, я могу перейти к составу семейства, но это тема следующих статей.

Итак, что должно быть сделано, чтобы можно было перейти к проектированию и реализации семейства? Тут мне придется сделать небольшое отступление и поговорить о том, как разрабатываются языки программирования.

Несмотря на то, что на данное время, по разным подсчетам насчитывается от 2.5 до 9 тысяч языков программирования, эта деятельность является, в большей степени, искусством, нежели наукой. Языки создаются методом проб и ошибок. Разработчики изучают то, что было сделано в других языках, предлагают новые конструкции и делают прототипы. Проверяют, получают отзывы, вносят изменения и снова делают прототипы и проверяют.

Получаем несколько парадоксальную ситуацию: чтобы разработать язык, нужно делать прототипы и проверять их, а для этого нужен компилятор. А чтобы делать компилятор, нужно, чтобы язык уже был (на каком-то уровне) разработан.

Тем более, если мы хотим разработать семейство (экспериментальных) языков, нужно уметь быстро делать и переделывать языки и компиляторы. Нужна инструментальная поддержка, но я не знаю ни одной готовой системы, которая могла бы в этом помочь<sup>3</sup>.

Выход я вижу такой: написать первый компилятор таким образом, чтобы его части легко переделывались, так чтобы он был основой для следующих компиляторов.

И это приводит нас к следующему вопросу.

### Какой язык выбрать для разработки первого компилятора?

Принципиально разных варианта два:

1. взять один из существующих языков;
2. сделать новый специализированный язык

Плюсы использования существующего языка:

- не надо тратить время на разработку промежуточного языка и компилятора.

Плюсы разработки нового языка:

- Такой язык полезен в составе семейства, так как следующие компиляторы тоже надо на чем-то писать.
- Разработка специализированного языка позволяет сделать плавный вход в семейство, так как требования к такому языку мне понятны и разработать его существенно проще, чем следующие языки семейства.
- Минимизация зависимостей и влияния других языков.

О последнем пункте стоит поговорить подробнее. Любой язык, на котором мы программируем, влияет на мышление разработчика. Мы привыкаем к синтаксису, к приемам программирования на этом языке, и, далее, часто неосознанно, вообще не рассматриваем другие подходы и решения. При разработке чего-то принципиально нового стоит поставить себе психологический барьер, который заставляет обдумывать каждое решение и взвешивать за и против.

Если мы рассматриваем язык для разработки компиляторов, как прототип следующих языков семейства, то это убирает и единственный плюс использования существующего языка, так как это не дополнительная работа, а работа непосредственно над семейством языка.

Итак, первый язык семейства — это специализированный язык для разработки компиляторов. Начинаем проектирование с главного: с определения и фиксации целей и требований к языку.

### Цели и требования

Сформулируем явно цели разработки языка:

- разработка компиляторов;
- разработка библиотек, нужных для компилятора;
- прототипирование следующих языков семейства, нотации и базовых конструкций.

Перед тем, как перейти к требованиям, надо учесть еще одно важное условие: так как семейство языков я делаю в качестве личного проекта, то ресурсы для разработки ограничены, как правило, я могу вкладывать в эту работу около 8 часов в неделю.

---

3 А.С. Пушкин

Требования, вытекающие из целей и условий:

	Требование	Важность	Уточнение требований
1	Продуктивность разработчика	Высокая	<ul style="list-style-type: none"> <li>● легкость чтения, понимания, написания</li> <li>● выразительность (есть все необходимые конструкции)</li> </ul>
2	Скорость разработки	Высокая	<ul style="list-style-type: none"> <li>● быстро работающий компилятор и другие инструменты</li> <li>● минимизация поиска/исправления ошибок времени исполнения и времени на отладку. Отсюда требование <b>безопасности языка</b></li> </ul>
3	Минимизация объема работы	Высокая	<ul style="list-style-type: none"> <li>● простой язык (минимальный набор конструкции)</li> <li>● в языке нет ничего, кроме того, что необходимо для целевой области</li> <li>● простой компилятор (нет сложно реализуемых конструкций)</li> </ul>
4	Безопасность языка	Высокая	<ul style="list-style-type: none"> <li>● безопасность ссылок</li> <li>● управление памятью: сборка мусора</li> <li>● модульность</li> </ul>
5	Производительность компилятора программ	Низкая	

Как видно, основные требования связаны с тем, чтобы разработать язык и компилятор в приемлемые сроки с минимальными ресурсами. При этом производительность компилятора и создаваемых им программ не является приоритетным требованием. Производительность имеет смысл рассматривать, только если её не хватает. Что же касается скорости работы компилятора, то исходя из требования *нет сложно реализуемых конструкций*, медленно работающий компилятор написать трудно.

В требования заложено некоторое противоречие:

- есть все необходимые конструкции;
- нет ничего, кроме того, что необходимо для целевой области.

Это сделано намеренно, чтобы для каждой конструкции вставал вопрос о ее необходимости. Подробнее разговор об этом будет дальше.

Обратим внимание на требование безопасности языка:

- На мой взгляд, требование *безопасности указателей* (null safety) является обязательным для современного языка. Очевидно, со мной согласны разработчики Rust [3], Kotlin [4] и Swift [5].
- Требование использования *сборки мусора* для управления памятью истекает из того, что сборка мусора является лучшим способом с точки зрения производительности разработчика. Безусловно, реализация сборки мусора является сложной программной частью, но подключение существующих реализаций, таких как Boehm GC [6] или Memory Pool System [7], является достаточно простым.
- Отнесение *модульности* в раздел безопасности может показаться странным, но модульность ведет к инкапсуляции и локализации кода и тем самым к локализации ошибок.

#### Что в имени тебе моем?<sup>4</sup>

У языка программирования должно быть имя, и оно, обычно, как-то соответствует целям языка, идеям или увлечениям авторов. Вспомним:

- FORTRAN: FORmula TRANslation;
- PL/I (Programming Language One): *one language to rule them all* ;
- Modula: модульное программирование;
- Oberon: спутник Урана, который сфотографировал "Вояджер-2" в 1986 г.;
- Kotlin: Java – это остров, тогда и у нас тоже остров.

Для меня было важно связать имя языка с его характеристиками и условиями, а именно:

- простой язык;
- просто понимаемый язык;

<sup>4</sup> В.И. Гололобов, Б.Г. Чеблаков, Г.Д. Чинин, Описание языка ЯРМО. Машинно-независимое ядро. Новосибирск, 1980.

- нет времени, чтобы делать революцию, отсюда - желательно использование проверенных решений.

Имя **Тривиль** (от *тривиальный*) мне показалось подходящим.

Как показала дальнейшая работа над языком, имя стало важным психологическим ограничителем. Вопрос: *достаточно ли тривиальная (проста, понятна, привычна) эта конструкция* – помогал отбрасывать сложные конструкции, что привело к упрощению и ускорению работы.

- **Что надо проектировать?**

Рассмотрим, какие части языка надо проектировать и какие вопросы возникают при этом. Таблица содержит очевидный и неполный список вопросов, на которые приходится искать ответы разработчику языка:

Часть языка	Вопросы
Лексика	<ul style="list-style-type: none"> <li>● кодировка исходного текста</li> <li>● ключевые слова: на английском или нет</li> <li>● использование ‘;’: завершитель (Rust) или разделитель (Go)</li> <li>● числовые литералы: виды литералов, системы счисления (десятичная, шестнадцатеричная, еще)</li> <li>● строковые литералы: кодировка, кавычки, escape последовательности</li> <li>● другие литералы (unicode code point, ...)</li> <li>● знаки операций и пунктуации</li> </ul>
Синтаксис	<ul style="list-style-type: none"> <li>● стиль: C/C++/C#/Java vs. Go, Kotlin, Swift</li> </ul>
Типовая система	<ul style="list-style-type: none"> <li>● набор predefined типов</li> <li>● набор конструируемых типов (user-defined types)</li> </ul>
Описания	<ul style="list-style-type: none"> <li>● список описываемых сущностей</li> <li>● константы: времени компиляции или времени исполнения или оба</li> <li>● переменные: изменяемые, неизменяемые</li> </ul>
Функции/ Методы	<ul style="list-style-type: none"> <li>● виды параметров: именованные или нет, значение по умолчанию</li> <li>● способы передачи параметров</li> <li>● тип результата</li> </ul>
Операторы и выражения	<ul style="list-style-type: none"> <li>● язык с упором на выражения - почти все есть выражение (Kotlin) или язык с упором на операторы (Go)</li> <li>● набор операторов</li> <li>● виды выражения</li> </ul>
Модульность	<ul style="list-style-type: none"> <li>● что такое единица компиляции</li> <li>● отдельная компиляции</li> </ul>
Остальное	<ul style="list-style-type: none"> <li>● обработка исключительных ситуаций</li> <li>● отношение язык - стандартная библиотека</li> </ul>

Увы, но список не полон не только по числу пунктов, но и *в глубину*: при определении каждой конструкции языка мы должны определить ее семантику (или смысл). Не углубляясь в детали, скажу лишь, что для каждой конструкции надо определить две части семантики:

- **статическую семантику**: корректна ли записанная конструкция с точки зрения правил языка (часто используется термин validity rules);
- **динамическую семантику**: что должно произойти в результате выполнения конструкции.

Для тех, кто нечасто сталкивается с семантикой языков программирования, покажу разницу на примере кода, написанного на двух языках:

Kotlin	<code>if (1 + 1) { /* something */ }</code>
Typescript	<code>if (1 + 1) { console.log("Yes") }</code>

В Котлине конструкция является некорректной с точки зрения одного из правил статической семантики, так как выражение  $1 + 1$  в операторе `if` должно быть типа `Boolean`. Для `Typescript` текст корректен, и результатом выполнения будет вывод строки "Yes" на консоль, то есть с точки зрения динамической семантики языка значение выражения, равное 2, считается истиной, и ветка оператора `if` будет выполнена.

Список в таблице (плюс семантика) является достаточно внушительным и должен вызвать вопрос: Как делать выбор, если есть несколько вариантов решения?

Ответ:

- Во-первых, применяя требования к каждому решению и к каждой конструкции языка. Например, из требования безопасности языка, надо (в примере выше) выбрать подход Котлина, уменьшающий количество потенциальных ошибок.
- Во-вторых, использовать оценку, которую я называю **энергосбережением разработчика**.
- **Энергосбережение разработчика**

Сначала небольшое отступление: мы, разработчики, привыкли думать о производительности (эффективности) программ, о размере занимаемой программой памяти, и о сохранении энергии аккумулятора в мобильном телефоне. Но мы редко думаем об эффективной работе разработчика и об экономии его энергии.

Повторю еще раз мысль, уже высказанную выше в статье: производительность программы нам должна быть интересна только в том случае, если ее не хватает<sup>5</sup>. Вот если ее не хватает, надо вкладывать усилия (прикладывая их конкретно к тому месту, которое недостаточно быстро работает). Например, переписать на другом языке или, что еще лучше - изменить алгоритм на более быстрый. Или изменить архитектуру программы, чтобы этого узкого места вообще не было.

Вот всех остальных случаях достаточно не делать глупостей, то есть не принимать плохих решений. Увы, как правило, все происходит не так. Сначала делается язык с упором на производительность разработчика, у которого плохая производительность `by design`, потом он используется там, где нужна производительность и приходится вкладывать огромные усилия в оптимизацию. Или сначала делается язык с огромными дырами в безопасности, потом язык используется для программирования критических приложений, а чтобы программы на этом языке как-то работали, язык обкладывается статическими анализаторами и санитайзерами. Как мы с коллегами грустно шутим - масса усилий вложена, чтобы мы получали большие зарплаты.

Безусловно, есть те области, в которых производительность должна быть почти на первом месте, где-то сразу после корректности программы. Но если рассмотреть область исследования и прототипирования, то на первый план должна выходить эффективность разработчика, а для этого его энергосбережение.

На мой взгляд, энергосбережение разработчика включает:

- использование родного языка и естественно читаемые идентификаторы;
- чтение исходного кода слева направо и знаки препинания;
- привычную математическую нотацию;
- очевидность семантики;
- полноту информации при выводе ошибок времени исполнения.

Разберем подробно эти пункты.

#### Использование родного языка и естественно читаемые идентификаторы

В 1980 году вышел препринт "Описание языка ЯРМО"<sup>6</sup>, приведу фрагмент программы из него (стр. 35) с минимальными изменениями, чтобы подчеркнуть суть:

```
общая процедура ПОИСК В ТИ (ДАННОЕ ИМЯ) =
  начало переменные ТЕК ЭЛЕМ;
  вход
  если ОГЛАВЛЕНИЕ[ФУНКЦИЯ РАССТАНОВКИ(ДАННОЕ ИМЯ)] -> ТЕК ЭЛЕМ ≠ 0
  то повторять
```

Я читаю этот текст без усилий, благодаря русской нотации и идентификаторам с пробелами, например: ПОИСК В ТИ (поиск в таблице имен), ДАННОЕ ИМЯ. Меня никак не затормаживают сокращения, как ТЕК ЭЛЕМ - текущий элемент. Использование только строчных букв в идентификаторах выглядит непривычно, возможно, это было вызвано ограничениями устройств ввода-вывода на БЭСМ-6. Обратите внимание на знак неравенства.

А это фрагмент из компилятора Тривилиа на Тривиле:

<sup>5</sup> Из книги: Идеи, определившие облик информатики/ под редакцией Гарри Р. Льюиса, - М.: ДМК Пресс, 2023.  
<sup>6</sup> См., например, `escape analysis` в языке Go.

```

fn найти описание(область: асд.Область, имя: Строка): асд.Описание {
  пусть оп = найти в области(область, имя)
  если оп # пусто {
    вернуть оп^
  }
  основа.добавить ошибку("СЕМ-НЕ-НАЙДЕНО", имя)
}

```

Этот текст ближе к привычной нотации языков программирования, чем текст на ЯРМО. Главные отличия: русская нотация и идентификаторы с пробелами: найти описание, добавить ошибку.

Почему русская нотация? Потому что мы быстрее и с меньшими затратами читаем текст на родном языке, мы привыкли к этому с детства. На мой взгляд, когда мы пишем на английском, мы тратим немного больше энергии, чем англоязычный программист, и это наш недостаток и их преимущество.

Для использования русской нотации надо настроить редактор. Я использую макросы, чтобы вообще не переключаться на английскую раскладку. Это может быть неудобно сначала, но, на мой взгляд, оправдано. Тем более, что читаем программу мы гораздо больше, чем пишем.

Что же касается идентификаторов, попробуйте непредвзято посмотреть на один и тот же идентификатор, записанный разными способами, и оценить трудоемкость чтения:

найти описание	найтиОписание
найти_описание	НайтиОписание

#### Чтение исходного кода слева направо и знаки препинания

Наша письменная культура приучила нас читать слева направо, и, такое чтение для нас проще и энергоэффективней.

Рассмотрим примеры описания функционального типа на нескольких языках:

C	tvbedef int (*Operation)(int. int):
Kotlin	tvbealias Operation = (Int. Int) -> Int
Go	tvde Operation func(x. v int) int
Rust	tvde Operation = fn(x: int. v: int) -> int:
Тривиль	тип Операция = фн(х: Цел64. v: Цел64): Цел64

Описание на языке C читается примерно так: *определяется тип Operation, как указатель на функцию с двумя параметрами типа int и результатом типа int*. Обратите внимание на прыжки по тексту. Описания на остальных языках читаются слева направо, без прыжков между частями текста.

Теперь сравним текст на Go и Rust. На мой взгляд, отсутствие в Go знака препинания между именем параметра и типом, а также между списком параметров и типом результата заставляет сделать лишнее усилие, провести дополнительную интерпретацию текста. Текст на Rust я читаю без этого лишнего усилия. Кажется, в Go перебрали с краткостью нотации.

В тексте на Rust есть другой недостаток: знак ';' в конце описания лишний. Большинство современных языков (в том числе Go и Kotlin в примере выше) используют точку с запятой, как необязательный разделитель, который нужен, только если конструкция не заканчивается в конце строки текста.

Пример показывает, что как отсутствие знаков препинания, так и их наличие может приводит к дополнительным усилиям при чтении текста.

#### Привычная математическая нотация

Рассмотрим еще один простой пример:

C	if (x == 1 && v) {}
Go	if x == 1 && v {}
Тривиль	если x = 1 & v {}

Первое, что мы видим, лишние скобки в C, очевидно мешающие восприятию. Но не это главное, обратим внимание на операцию И (&& - conditional AND) и операцию сравнения. Начиная с языка C, операция И записывается двумя амперсандами. История появления такого значка понятна. Сначала была введена битовая операция &, которая соответствует команде процессора, потом добавлена &&, реализуемая через условный переход.

В логике C все правильно, C – это переносимый ассемблер. Но если задуматься, то операцию && мы используем гораздо чаще, кроме, может быть, специальных областей применения, как вычисление хэш-функций, криптографии, и может быть, низкоуровневой графики.

В итоге, есть традиция (и привычка), которая приводит к тому, что разработчики тратят дополнительное время на запись и чтение кода. Впрочем, есть и другая традиция:

С традиция	Oberon, Тривиль
&&,	&,
==	=
!=	#
!	~
=	:=

Кроме И и ИЛИ, есть операция NOT и операции сравнения и присваивания. Заметим, что в привычной школьной математической нотации, например:  $x + 5 = 0$ , знак = это не присваивание, математическая нотация не императивна. Это знак эквивалентности. Мы в школе учим одно, потом переучиваемся (или, скорее, привыкаем к другому).

Вопрос на засыпку: есть ли кто-то из читателей, кто не делал таких ошибок: `if (x = 1 && y) {}`, используя знак =, вместо == и после этого разбираясь с неверным поведением программы?

Не буду долго останавливаться на этом, задам читателям только один вопрос: есть ли какая (ассоциативная или логическая) связь между восклицанием '!' и операцией NOT?

#### **Очевидность семантики и неявная вредная магия**

Мысль о том, что очевидная семантика, то есть семантика, понятная с первого взгляда, упрощает чтение и понимание, сама по себе не нуждается в примерах и объяснении.

*...мы должны делать (как мудрые программисты, осознающие свои ограничения) все возможное, чтобы сократить концептуальную пропасть между статической программой и динамическим процессом...*

Э. Дейкстра, О вреде оператора `go to`.<sup>7</sup> (1968)

В языках программирования есть множество общепринятых конструкций, которые приводят к тому, что понимание фрагмента текста не очевидно и требует изучения контекста, возможно, что очень обширного. Избежать этого нельзя, например, описание используемого типа может быть в другой единице компиляции, но можно попытаться упростить понимание. Во многом, это задача разработчика, а именно, работа над именами сущностей, правильный выбор типов и т.д.

Здесь же мы поговорим о том, что можно сделать в языке программирования, а точнее, о том, что не надо делать.

Приведу проявление скрытой семантики, такие проявления я называю: *неявная вредная магия* (implicit evil magic).

В примере на Go задается описание

- интерфейса (строки 5-7);
- структуры (строка 9)
- и метода (строки 11-13), добавление которого приводит к тому, что "класс" \*SM (указатель на структуру) реализует интерфейс в смысле утиной типизации.

<sup>7</sup> Генераторы парсеров (как ANTLR) и генераторы кода (LLVM) покрывают малую и самую несущественную часть работы.

1	package main	14	func check(im IM) {
2		15	if im != nil {
3	import "fmt"	16	im.Method()
4		17	}
5	type IM interface {	18	fmt.Println("done")
6	Method()	19	}
7	}	20	
8		21	func main() {
9	type SM struct {i int}	22	check(nil) // 1
10		23	
11	func (x *SM) Method() {	24	var S_nil *SM = nil
12	x.i = 1	25	check(S_nil) // 2
13	}	26	}

Далее

- в строках 14-20 описана функция, которая проверяет, определен ли интерфейс (указатель не равен nil<sup>8</sup>). Если определен, то вызывает метод. В конце функции, выводит строку "done".
- в теле функции main функция проверки вызывается два раза, один раз с литералом nil (строка 22), второй раз с переменной класса, реализующего интерфейс, которая проинициализирована значением nil (строка 25).

Ожидаемый вывод: две строки "done". Вместо этого получаем (из Go playground [8]) такое сообщение об ошибке, включая трассировку стека вызовов:

```
done
panic: runtime error: invalid memory address or nil pointer dereference
[signal SIGSEGV: segmentation violation code=0x1 addr=0x0 pc=0x48ebe0]

goroutine 1 [running]:
main.(*SM).Method(0x4d3468?)
/tmp/sandbox3933137847/prog.go:12
main.check({0x4d3448?, 0x0?})
/tmp/sandbox3933137847/prog.go:16 +0x26
main.main()
/tmp/sandbox3933137847/prog.go:25 +0x25
```

Результат первого вызова ожидаемый - печатает done, второй приводит к nil pointer dereference в теле метода в строке 12, в которой изменяется поле структуры через нулевой указатель. При этом, метод вызывается из строки 16 после проверки интерфейса на nil. То есть в строке 16 интерфейс не равен nil, и метод из объекта вызвать можно, а в строке 12 объект равен nil, и обратиться к нему нельзя.

Как мы видим, пример простой. Полагаю, что начинающий программист на Go с достаточно высокой вероятностью напишет что-то подобное. По крайней мере, я сам когда-то написал в компиляторе на Go примерно такой же текст и был сильно удивлен.

Описанная проблема известна, причины и средства борьбы с ней легко найти в сети. Я не буду об этом писать, скажу только, что источником этой *неявной злой магии*, как и других аналогичных примеров часто является принципиальная сложность в разработке языков программирования, известная как **взаимодействие конструкций языка** (feature interaction). Речь идет о том, что отдельные конструкции могут быть хорошо продуманы, но их взаимодействие приводит к неожиданным эффектам, в том числе и к таким злым чудесам. Это важная тема, но не входящая в рамки данной статьи.

Добавлю еще, что скрытая семантика может влиять не только на усложнение понимания, но и на производительность, например, если происходит неявное выделение памяти в куче<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> То же самое рассуждение можно применить к размеру кода программы.

<sup>9</sup> Большинство современных языков используют null, а Go nil.

### Вывод ошибок времени исполнения

Посмотрите на вывод ошибки в playground Go в предыдущей части. Такой вывод очень существенно экономит силы разработчика.

На мой взгляд, если среда исполнения программы на некотором языке не выдает трассировку стека (stack trace) при ошибках, на таком языке не надо писать, слишком много лишних усилий тратится на поиск ошибки.

### В заключение об энергосбережении

*Привычка свыше нам дана,  
Замена счастью она*  
А.С. Пушкин, Евгений Онегин

Многие меня не поймут, когда я пишу про русскоязычную нотацию, просто потому что у них нет опыта программирования на русском. Я написал свой первый компилятор 40 лет назад на русскоязычном Автокоде Эльбрус (Эль-76) [9], а потом написал еще несколько сотен тысяч строк в среде программирования Вир[10]. Так что для меня русская нотация привычна.

Более того, я спокойно отношусь к любой нотации. Например, в коммерческом языке, который я разрабатываю, используются знаки операций из С традиции, включая круглые скобки вокруг выражений в операторах if и while.

Здесь я говорю именно об энергосбережении, об экономичности работы разработчика (в первую очередь, своей работы). Она складывается из мелочей, из чтения слева направо, простоты чтения идентификаторов, знакомых с детства математических символов. Я не пытался измерить “экономии”, но даже если я вместо часа делаю ту же работу за 55 минут и меньше устаю или могу работать с полной отдачей 4 часа, вместо 3, то игра стоит свеч. Субъективно я могу сказать, что программирование на Тривиле для меня легче и радостней, чем программирование на других языках.

И, второе, о том, что “привычка - замена счастью”. Собственно, в привычках нет ничего плохого, привычки позволяют сосредоточиться на новом и главном. Но, под капот каждой привычки (например, привычной нотации языка программирования) стоит заглядывать и осознанно решать: годится ли она (в современных условиях) или ее стоит заменить на новую.

Любопытно было бы посчитать каким-либо объективным образом затраты энергии разработчика и сравнить языки программирования или хотя бы энергозатраты на чтение кода на разных языках. Насколько я понимаю, для этого нужна совместная работа психологов, физиологов и программистов.

### Переходим к проектированию

В этой статье мы проделали предварительную, но очень важную, работу: определили цели языка, требования к языку и компилятору и способы выбора решений. Осталось только пройти по списку того, что надо проектировать, и принимать решения по каждому пункту, а потом рассматривать то, что получилось целиком. И каждый раз делать шаг назад, если нашли противоречие и неудобство.

Основная мысль, которую я хочу высказать здесь, а потом иллюстрировать на конкретных примерах в следующей статье: тщательное продумывание целей и требований влияет принципиальным образом на качество языка и на трудоемкость разработки.

Могут ли измениться требования по ходу? Конечно, могут, и в моей практике разработки языков это было. В таком случае надо заново проверить все решения и безжалостно переделать все, что не соответствует новым требованиям.

### Литература

1. Недоря А. Е. Интенсивное программирование, 2022. <http://digital-economy.ru/stati/intensivnoe-programmirovaniye>
2. Тривиль: публичный репозиторий. <https://gitflic.ru/project/alekseinedoria/trivil-0>
3. The Rust Reference. <https://doc.rust-lang.org/reference/>
4. Kotlin language specification. <https://kotlinlang.org/spec/kotlin-spec.html>
5. The Swift Programming Language. <https://docs.swift.org/swift-book/documentation/the-swift-programming-language/>
6. Boehm-Demers-Weiser Garbage Collector. <https://hboehm.info/gc/>
7. Memory Pool System. <https://memory-pool-system.readthedocs.io/en/latest/guide/overview.html>
8. The Go Playground. <https://play.golang.com/>
9. [9] Пентковский В. М. Автокод эльбрус, М.: Наука, 1982
10. [10] Недоря А. Е. Технология разработки мультитиплатформенных программ на основе явных схем программ, 2018. <http://digital-economy.ru/stati/tehnologiya-razrabotki-multiplatformennykh-programm-na-osnove-yavnykh-skhem-programm>

### References in Cyrillics

1. Nedorya A. E. Intensivnoe programmirovaniye, 2022. <http://digital-economy.ru/stati/intensivnoe-programmirovaniye>
2. Trivil: publichny`j repozitorij. <https://gitflic.ru/project/alekseinedoria/trivil-0>
3. [9] Pentkovskij V. M. Avtokod e`l`brus, M.: Nauka, 1982.

4. [10] Nedorya A. E. *Технология разработки мультиплатформенных программ на основе явных схем программ*, 2018. <http://digital-economy.ru/stati/tekhnologiya-razrabotki-multiplatformennykh-programm-na-osnove-yavnykh-skhem-programm>

**Ключевые слова**

язык программирования, семейство языков программирования, разработка языков программирования, компилятор, прототипирование компиляторов, энергосбережение разработчика

*Недоря Алексей Евгеньевич, к.ф.-м.н.*

*ORCID 0000-0001-8998-7072*

*[aleksei.nedoria@yandex.ru](mailto:aleksei.nedoria@yandex.ru)*

*Телеграмм канал: [t.me/vorchalki\\_o\\_prog](https://t.me/vorchalki_o_prog)*

***Aleksei Nedoria, Development of programming language Trivil. The first steps to the language family. Part 1.***

**Keywords**

programming language, family of programming languages, programming language development, compiler, compiler prototyping, developer energy saving

DOI: 10.34706/DE-2024-04-05

JELclassification – C65, E42

**Abstract**

This is the first article in a series that describe the development of the Trivil programming language: from reasoning about the need to develop a new language, to defining goals and requirements, and to choosing and justifying specific language solutions. The articles are mainly aimed not at the programmer who uses the language, but at the developer of programming languages. In the articles, the author uses the experience of lectures on language development at MIPT, ITMO and Innopolis University.

УДК: 004.75

## 1.6. Разработка языка Тривиль. Часть 2

А. Е. Недоря, г. Санкт-Петербург

*Статья является второй из серии статей, в которых описывается разработка языка программирования Тривиль. В первой статье описывался первый этап разработки языка: определение целей, требований и критериев выбора. Эта статья содержит обоснование основных языковых решений. Как и вся серия, статья нацелена, большей частью не на программиста, который использует язык, а на разработчика языков программирования.*

### Введение

В первой статье серии [1] были определены **цели языка** - разработка и прототипирование компиляторов и библиотек и **основные требования**, суть которых в том, чтобы получить нужный язык и компилятор в краткие сроки с минимальными затратами ресурсов. Кроме того, был рассмотрен принципиально важный критерий **энергосбережения разработчика**, следование которому помогает и далее работать над семейством языков быстро и экономично.

Данная статья описывает конструкции языка Тривиль, уделяя внимание тем конструкциям, которые еще не устоялись в языках программирования<sup>1</sup> и которые можно сделать по-разному, как с точки зрения синтаксиса, так и семантики.

### Типы

Система типов — это ядро языка, а выбор набора типов существенно определяет выразительность языка и его применимость для решения тех или иных задач. Соответственно, при разработке языка общего назначения стоит уделить особое внимание полноте системы типов, см. [2]. А при разработке специализированного языка, которым является Тривиль, надо добавить те и только те типы, которые нужны для предметной области.

Так как предметная область — это разработка компиляторов, то мы приходим к вопросу: какие типы нужны для разработки компилятора? А для того, чтобы на него ответить, надо иметь хотя бы общее понимание того, как будет устроен компилятор. Замечу, что одновременная разработка языка и компилятора — это особенность конкретной разработки, вытекающая из требования минимизации объема работы.

### Архитектура компилятора: первый взгляд

Учебники по разработке компилятора, как правило, начинаются с вопроса о числе проходов компилятора (см. [3]), и принципиальным является выбор между однопроходным и многопроходным компилятором.

Однопроходные компиляторы выполняют трансляцию за один проход по исходному тексту, делая семантические проверки и генерацию кода по ходу выполнения синтаксического анализа. В многопроходном компиляторе, как правило, сначала выполняется синтаксический анализ, который строит некоторое представление программы. Следующие проходы обрабатывают не исходный текст, а представление, которое может трансформироваться от прохода к проходу или заменяться на другое представление. Например, компилятор языка Rust последовательно создает и использует такие представления [4]:  $AST^2 \Rightarrow HIR \Rightarrow MIR \Rightarrow LLVM IR$ .

Как правило, однопроходный компилятор короче (меньше строк кода), но вовсе не обязательно проще. Нарушение принципа *разделения проблем* (separation of concerns) приводит к более сложному и трудно модифицированному коду.

Так как одна из задач языка — прототипирование, а одно из требований — простой и легко модифицируемый компилятор, однопроходный компилятор не годится. При этом, проходов должно быть небольшое количество, а промежуточное представление желательно использовать одно, так как каждое промежуточное представление существенно увеличивает объем работы.

Итак, компилятор Тривилия должен быть построен из нескольких проходов на базе одного промежуточного представления. Тогда выбор представления очевиден — это классическое *абстрактное синтаксическое дерево* (АСД или AST).

АСД программы (точнее, единицы компиляции) — это дерево, в котором каждой конструкции языка соответствует узел, например, узел для описания оператора если или узел для операции сложения. Следовательно, язык должен включать типы, достаточные для описания узлов, которые традиционно делятся на

- базовые или предопределенные типы
- и конструируемые (user-defined) типы.

<sup>1</sup> Например, оператор пока (while) сделан одинаково в современных языках (с точностью до деталей синтаксиса)

<sup>2</sup> AST - Abstract Syntax Tree

**Предопределенные типы**

Список предопределенных типов Тривилья:

Байт	байт, беззнаковое целое (8 битов)
Цел64	целое число (64 бита)
Слово64	беззнаковое целое число (64 бита)
Вещ64	плавающее число (64 бита)
Лог	логическое (boolean)
Символ	кодировка знака в Юникоде (unicode code point, 32 бита)
Строка	последовательность знаков в кодировке UTF-8 (см. след. раздел)

Несколько пояснений:

1) Почему такой неполный набор числовых типов? Где целые размера 8, 16, 32 бита, где беззнаковые размера 16 и 32, вещественные 32, 80, 128?

Вспоминаем требование: *ничего, кроме того, что необходимо для целевой области*. Мой опыт показывает: другие типы необязательны для компилятора. Добавление каждого числового типа в язык приведет к увеличению компилятора, и если для каждого такого типа надо добавить всего несколько десятков строк, то в совокупности добавление, скажем, 7 типов, даст уже заметную добавку в строках и усложнение семантического анализа и генерации.

2) Зачем в именах числовых типах указывается размер (Цел64, а не Цел)? Для упрощения понимания и переносимости программ. Многие современные языки системного уровня идут по этому пути, например: Go: типы int32, float64, Rust: i32, f64. Эти языки добавляют еще и целые типы (например, int в Go), размер которых зависит от платформы. Для низкоуровневого программирования в таких типах есть некоторый смысл, но в общем я считаю их скорее вредными, чем полезными.

**Символы и Строки**

Строки и символы являются обязательными типами данных, и подход к этим типам существенно менялся со временем.

В наше время правильный ответ на вопрос: *какой набор символов должен поддерживать языка программирования*, очевидно, Юникод.

А вот ответ на следующий вопрос, вопрос выбора кодировки, уже не так однозначен. Впрочем, современные языки, выбирая между UTF-8, UTF-16 и UTF-32, дружно выбирают UTF-8. Основные преимущества: компактность, совместимость с ASCII, отсутствие преобразований при работе с файлами.

Итак, берем в Тривиль Юникод и UTF-8, и у нас есть проблема. На строку в кодировке UTF-8 можно посмотреть двумя способами:

- как на последовательность символов (code point) Юникода;
- как на последовательность байтов (в которой каждый символ задан переменным числом байтов).

Для последовательности символов прямая индексация не определена, а для последовательности байтов определена. Эта двойственность должна быть как-то отражена в языке, и, желательно так чтобы разработчик (энергосбережение!) сразу понимал, с чем он имеет дело. Приведу пример на Go, где это пожелание не выполнено:

	Код	Вы- вод
	<pre>var s = "ю" fmt.Println(s[0]) for _, c := range s {     fmt.Println(c) }</pre>	<p>209</p> <p>1102</p>

Первая печать (строка 2) выведет числовое значение первого байта кодировки символа "ю" (русские буквы в кодировке UTF-8 занимают два байта), а вторая (строка 4) кодировку буквы "ю" (code point).

Странность здесь в том, что для любого другого массива (не строки) длины 1 индексация и обход (цикл `foreach`) выведут одно и то же. Это еще один пример скрытой магии: понять нельзя, надо запомнить.

В Тривиле для решения проблемы двойственности добавлен вспомогательный тип `Строка8`:

- `Строка`: неизменяемая (`immutable`) последовательность символов Юникод, индексация которой **запрещена**.
- `Строка8`: неизменяемая последовательность байтов, индексация которой **разрешена**.

Преобразование между этими типами происходит без накладных расходов:

	Код	Вы- вод
	<pre> <b>пусть</b> ст = "ю" вывод.ф("\$;\n", длина(ст)) </pre>	1
	<pre> <b>пусть</b> ст8 = ст(:Строка8) вывод.ф("\$;\n", длина(ст8)) </pre>	2

В строке 3 записано преобразование типа. Как видно, длина строки равна числу символов, а длина строки, преобразованной к типу `Строка8`, равна числу байтов. Так как строку нельзя индексировать, то путаницы нет.

### Конструируемые типы

Какие типы нужны для построения АСД? Очевидно, что надо описывать

- Узлы — нужен **класс**;
- последовательности (описаний, операторов и т.д.) — нужен контейнер содержаний, обеспечивающий упорядоченное множество элементов: массив или **вектор**;
- И, так как Тривиль — язык с безопасными ссылками (`null safe`), а в узле могут быть необязательные под-узлы, то нужен **опциональный** тип.

Другие типы необязательны. В действительности, нужен еще словарь (`hash map`), и об этом мы еще поговорим отдельно, но, как и в большинстве языков, я предпочитаю сделать его библиотечным типом, а не встроенным в язык<sup>3</sup>.

Тип **класс**, как обычно, описывает структуру объекта, для которого может быть задан набор методов. Для класса определено понятие наследования.

Тип **вектор** определяет динамический массив элементов одного типа. Динамический здесь означает, что размер вектора может меняться во время выполнения программы.

Оptionальный тип (или тип *может-быть*) создает новый тип на основе ссылочного типа (класс, вектор, `Строка`), добавляя специальное значение пусто (отсутствие значения).

Для каждого конструируемого типа определен обычный набор операций, доступ к полю, индексация, проверка на отсутствие значения и т.д.

Обычно в языках существенно больше конструируемых типов. Таблица показывает, каких типов нет в языке, в сравнении с другими языками (см. обзор в [2]):

	структура ( <code>struct</code> )	Go, Rust, Swift
	массив фиксированной длины	Go, Rust
	функциональный тип	все современные языки
	тип-произведение: кортеж ( <code>tuple</code> )	Rust, Swift, Go (частично)
	тип-сумма: объединение ( <code>union</code> ) или перечисление ( <code>enum</code> )	Kotlin, Rust, Swift
	интерфейс (статический, через наследование)	Kotlin, Rust, Swift
	интерфейс (утиная типизация)	Go

<sup>3</sup> В языке Go тип `map` — это встроенный тип.

Любопытно, что типов, который нет в Тривиле, больше, чем типов, которые есть. Это следствие специализации языка. Еще раз замечу, что в менее специализированном языке надо думать о полноте системы типов, но у нас не тот случай.

Так как целью статьи не является полное описание языка (см. [5]), то для примера приведу фрагмент описания АСД из компилятора (см. трик/асд/типы.tri в [6]), комментарии убраны для сокращения текста:

	<b>тип</b> ТипКласс* = <b>класс</b> (Тип) {
	Т-базовый*: <b>мб</b> Тип := <b>пусто</b>
	поля* = Поля[]
	методы* = Методы[]
	атрибуты* = Словарь{}
	}
	<b>тип</b> Поле* = <b>класс</b> (Описание) {
	значение*: <b>мб</b> Выражение := <b>пусто</b>
0	задать-позже* := <b>ложь</b>
	одно-присваивание* := <b>ложь</b>
	}
1	
2	<b>тип</b> Поля* = []Поле
	<b>тип</b> Методы* = []Функция
3	
4	
5	

В строках 1-6 описывается узел для типа класса, в котором есть поля:

- базовый тип класса, опциональный, так как может отсутствовать,
- вектор полей класса,
- вектор методов класса,
- словарь (hash-map) атрибутов, то есть и полей и методов для быстрого поиска.

ТипКласс является наследником типа Тип (строка 1). Запись поля\* = Поля[] означает, что поле с именем поля инициализируется пустым вектором типа Поля. Тип поля выводится из типа инициализирующего значения.

Тип Поля определен в строке 14 как вектор элементов типа Поле.

Символ '\*' после имени означает, что имя *экспортировано*, то есть может быть использовано в модулях, которые импортируют модуль с этими описаниями.

В примере видна еще одна особенность идентификаторов Тривили - возможность использования символа тире '-'. На мой взгляд, задать-позже читается существенно проще, чем задать\_позже, не говоря уже о верблюьем стиле.

В описании поля можно использовать идентификатор с пробелами, я использую здесь идентификатор с тире как часть стиля:

- имена функция: с пробелами,
- имена переменных и полей: с тире,
- имена типов с большой буквы.

#### Развитие типовой системы

Тот, кто прочитает свежее описание языка Тривиль [6], обнаружит еще два конструируемых типа в дополнение к тем, что описаны в предыдущем разделе, а именно:

- тип протокола
- и тип функции.

Эти типы добавлены для следующего языка семейства, языка Арвиль<sup>4</sup>, который является надмножеством языка Тривиль, но доступен и в Тривиле. В компиляторе Тривили он не используется.

#### • Описания

Описания в языке программирования определяют новые сущности и дают им имена. Основной набор сущностей устоялся, это

- типы,
- константы и переменные,
- функции.

Многие языки добавляют другие описания, но для Тривили этот набор достаточен.

<sup>4</sup> Статьи о следующих языках семейства: Арс и Арвиль будут следующими за текущей серией.

### Описание типов

О типах мы достаточно подробно поговорили в предыдущем разделе. Замечу только, что нотация в стиле языков Oberon и Go с использованием одного ключевого слова **тип** и общего синтаксиса — это тоже часть энергосбережения разработчика. Тип есть тип, и он описывается как тип.

Языки, которые используют разные нотации для описания разных типов (например: Swift, Kotlin), вносят некоторую путаницу в головы разработчиков. Например, становится возможным вопрос: а класс — это тип?

### Описание констант и переменных

Тривиаль, как и большинство языков, позволяет описывать

- константы, значения которых вычисляются до исполнения программы (во время компиляции),
- изменяемые переменные,
- неизменяемые переменные, то есть переменные, которые инициализируются один раз и далее значение их не может измениться. В описании языка они называются *переменными с единственным присваиванием*.

Пример описаний:

```
конст PI = 3.14159 // константа
пусть число-элементов := -1 // изменяемая переменная
пусть макс-индекс = длина(аргументы) - 1 // неизменяемая переменная
```

Для всех констант (что обычно) и переменных (что необычно) в описании обязательно задано инициализирующее значение. Описание изменяемых и неизменяемых переменных отличается знаком инициализации: ':' для изменяемых и '=' для неизменяемых. Я полагал, что сам придумал эту нотацию, но потом мне подсказали, что также было сделано в языке Algol-68 (ничто не ново под луной).

Обязательность инициализации — это энергосбережение, так как заставляет думать при описании переменных и уменьшает число ошибок. Тип переменной, в большинстве случаев, выводится из инициализирующего выражения, но может быть задано явно, а в некоторых случаях обязательно задается явно, например, для переменной опционального типа:

```
пусть тек-элемент: мб Элемент := пусто
```

Для констант есть синтаксис, позволяющий задать группу констант с последовательными значениями. Подсмотрено в Go и очень удобно для компиляторов. Например, виды лексем задаются так:

```
// Лексемы:
конст (
  НЕОП = 0
  ИДЕНТ
  ЦЕЛ
  ВЕЩ
  ...
)
```

### Описаний функции и методов

Описание функций и методов, с одной стороны, является сложной частью многих языков, но в Тривиле сделано обычным для современных языков образом. Приведу для примера:

```
фн факториал(п: Цел64): Цел64 {
  надо п > 1 иначе вернуть 1
  вернуть п * Факториал(п - 1)
}
```

В теле функции используется оператор **надо**, о котором мы поговорим в следующем разделе. Относительно нетривиальной частью описания функции являются вариативные и полиморфные параметры, использование которых, например, позволяет написать библиотечную функцию<sup>5</sup> вывода на консоль значения любого типа, а это еще одна важная часть энергосбережения разработчика. Но эта тема достаточно специфичная и выходит за рамки статьи.

<sup>5</sup> см. функцию "ф", реализованную в библиотеках std::строки и std::вывод.

А вот об описании методов и классов надо поговорить подробнее. В большинстве современных языков описание методов класса текстуально входит в описание класса, исключение — это языки Rust и Go, в которых методы текстуально описаны за границами описания того типа, с которым связан метод.

Rust	Go
<pre> <b>struct</b> Rectangle {     width: <b>u32</b>,     height: <b>u32</b>, }  <b>impl</b> Rectangle {     <b>fn</b> area(self: &amp;self) -&gt; <b>u32</b> {         self.width * self.height     } } </pre>	<pre> <b>type</b> Rectangle <b>struct</b> {     width uint32     height uint32 }  <b>func</b> (rec *Rectangle) area() uint32 {     <b>return</b> rec.width * rec.height } </pre>

Я недостаточно хорошо знаю Rust, чтобы уверенно сказать, почему выбрана такая нотация, в случае же Go, есть, по крайней мере, две важных причины:

- метод может быть определен для разных типов, не только для класса (структуры);
- синтаксис метода взят из языка Oberon-2[7], который оказал существенное влияние на Go.

Вынесение методов из описания класса (типа) дает важные преимущества с точки зрения понимания текста. Рассмотрим для иллюстрации пример на языке Kotlin:

<pre> <b>class</b> Rectangle {      // много строк кода      <b>fun</b> area(): Int { /* тело */ }      // много строк кода }  <b>fun</b> foo() { /* тело */ } </pre>
---

1. Можем ли мы, читая строку с описанием функций area и foo, понять, что именно описывается — функция или метод, не привлекая контекст (который может быть весьма длинным)? Это пример неявной и неочевидной семантики. В Go функции и методы синтаксически различаются.
2. Rust и Go позволяют разработчику описывать рядом методы и функции, которые методы используют. И это тоже важно, потому что правильное упорядочивание исходного текста существенно влияет на чтение и понимание текста.
3. В Go, так как исходный текст единицы компиляции может быть разложен на несколько файлов, семантически близкие методы и другие описания могут находиться в одном файле, а другие методы - в других файлах. Такая структуризация очень полезна. Например, методы парсера в компиляторе могут быть сгруппированы: разбор выражений отдельно, разбор описаний отдельно и т.д.

Мне кажется, что группировка методов в области описания класса — это, скорее, дурная привычка, чем что-то еще. Я понимаю, почему так сделано в языке Java, так как в нем нет ничего, кроме классов. Java представляет собой крайнее выражение языков, реализующих CLOP (class-oriented programming). Я выделяю такой класс языков или подходов, потому что ООП вообще не требует наличия классов, языки Lua, Javascript и Go это подтверждают. Я не вижу преимуществ такого подхода, в языках, которые отходят от чистого CLOP, как Kotlin или Swift.

Еще одно отличие языков Go и Тривиль — это явный идентификатор для получателя (receiver), или, другими словами, для объекта, к которому применен метод. То есть вместо использования this (Java, Kotlin) или self (Rust, Swift) разработчик может использовать значимое имя.

Тот же пример на Тривиле:

```
тип Прямоугольник = класс {
    ширина: Цел64 := 0
    высота: Цел64 := 0
}

фн (фигура: Прямоугольник) площадь(): Цел64 {
    вернуть фигура.ширина * фигура.высота
}
```

На первый взгляд, использование явного имени может показаться малозначущим, но это оказывает существенное влияние на упрощение семантики языка. Рассмотрим пример-загадку на языке Kotlin:

```
class C {
    var a: Int = this.foo()
    var b = this.a + 1
    fun foo(): Int { return this.b }
}

fun main() {
    val c = C()
    println(c.a)
    println(c.b)
}
```

Вопрос: что напечатает эта программа? Собственно, что именно она напечатает, нам неважно, важно то, что это неочевидно. Причина неочевидности в магическом символе `this`, который можно использовать не только в методах, где его использование понятно, но и в любом выражении внутри класса. Мне могут возразить, что все использования `this` из этого текста на Котлине можно убрать. Да, это так. Но неявное использование `this` только усиливает туманность этого кода. А для разработчиков языка и компилятора становится головной болью, так как существенно осложняет семантические правила и их проверку в компиляторе.

Если же мы посмотрим в примеры на Тривиле и Go, то в них отсутствуют такие семантические сложности, так как нет никакого магического символа, а есть обычный идентификатор (например, `фигура`), который используется **регулярным(!)** образом и только в методах. И это очень важно: не преумножай число сущностей сверх необходимого, иначе в них можно утонуть.

### Операторы и выражения

Договоримся о терминологии:

- *оператор* (statement) управляет вычислениями;
- *выражение* (expression) определяет вычисление значения путем применения операций и функций к операндам.

Перевод `statement` как оператор является устоявшимся, но приводит к неоднозначности на границе русского и английского языка. Суть её в том, что `operator` и оператор имеют разные значения:

- оператор — это `statement`, например, `while statement` — это оператор цикла 'пока';
- `operator` — это знак операции, например, '+' — это знак операции сложения.

Все современные императивные языки разделяют операторы и выражения, но одни делают упор на *выражения* (Kotlin, Swift: почти все есть выражение), другие — на *операторы* (Go). Например, в языке Kotlin `if` — это выражение, которое также может быть использовано (как и любое выражение) в позиции оператора.

```
// if в позиции выражения:
val x = if (cond) { 1 } else { 2 }
// if в позиции оператора:
val y: Int
if (cond) { y = 1 } else { y = 2 }
```

В языке Go `if` — это оператор, который не вычисляет выражение и не может быть использован в позиции выражения.

Впрочем, все современные языки сходятся на том, что есть операторы, которые не могут быть выражениями, например, оператор присваивания, оператор цикла или оператор `break`.

Выбор между двумя подходами во многом субъективен, но для Тривилья, если вспомнить требование простоты языка и компилятора, очевиден выбор в сторону операторов. Поясню на немного измененном примере:

```
if (cond) { 1 } else { 2.1 }
if (cond) { 1 } else { 2.1 } + 1
```

Вопрос: корректны ли эти выражения? И какого они типа?

Мне, в данном случае, неважно, какой ответ дает Kotlin. Пример нужен для того, чтобы показать: добавление в язык условного выражения добавляет целый пласт вопросов, на которые должна отвечать спецификация языка. В итоге, язык и компилятор становятся сложнее.

Поэтому Тривиль — это язык операторов (как Go). Операторы в нем, как и выражения, большей частью самые обычные для современных языков программирования:

- оператор присваивания (`:=`),
- операторы увеличить и уменьшить (`++` и `--`),
- условный оператор если (`if`),
- оператор цикла пока (`while`),
- оператор выбор (`switch`),
- операторы вернуть (`return`) и прервать (`break`),

но есть и не совсем обычные:

- оператор надо,
- оператор авария.

О том, что необычно, мы поговорим в следующих разделах.

#### Оператор надо

Оператор `надо` является условным оператором, как и оператор `если`. Отличие его в том, что оператор `надо` проверяет логическое условие и завершает работу программы, функции или цикла, если условие не выполнено. Аналогичный оператор в языке Swift называется `guard statement`. В сети можно легко найти статьи, демонстрирующие использование и преимущества этого оператора.

Пусть надо написать функцию, которая сравнивает на равенство две опциональные строки. Для сравнения значение каждого параметра надо сначала проверять на отсутствие значения (пусто), а затем сравнивать строки. Напишем сначала в классическом стиле с использованием оператора `если`:

```
1  фн равны? (стр1: мб Строка, стр2: мб Строка): Лог {
2  если стр1 # пусто {
3  если стр2 # пусто {
4  вернуть стр1^ = стр2^
5  } иначе {
6  вернуть ложь
7  }
8  } иначе {
9  вернуть стр2 = пусто
10 }
11 }
```

Знак операции `^` в строке 4, означает операцию подтверждения типа, которая выполняет (во время исполнения) проверку, что значение типа `мб Т` есть `Т`, а не пусто. В Kotlin аналогичная операция обозначается знаком `!!`, а в Swift знаком `!`.

Полагаю, что текст выше выглядит вполне обычно, по крайней мере, так могут написать. Перепишем пример с использованием оператора `надо`:

```
1  фн равны?(стр1: мб Строка, стр2: мб Строка): Лог {
2  надо стр1 # пусто иначе вернуть стр2 = пусто
3  надо стр2 # пусто иначе вернуть ложь
4  вернуть стр1^ = стр2^
5  }
```

В строке 2 проверяется условие, и его выполнение гарантируется для следующих операторов текущего блока. То же самое в 3-й строке. В 4-й строке оба параметра — это строки (не пусто), и их можно сравнивать. Текст функции сократился в 2 раза, и он стал гораздо проще. Энергосбережение очевидно.

На первый взгляд может показаться, что эту функцию можно написать также понятно и с помощью если:

	<pre> <b>фн</b> равны?(стр1: мб Строка, стр2: мб Строка): Лог {   <b>если</b> стр1 = пусто { <b>вернуть</b> стр2 = пусто }   <b>если</b> стр2 = пусто { <b>вернуть</b> ложь }   <b>вернуть</b> стр1^ = стр2^ } </pre>
--	---

Но так, как правило, никто не пишет, а скорее пишут так (по крайней мере, аналогичный текст на Go будет отформатирован именно так):

	<pre> <b>фн</b> равны?(стр1: мб Строка, стр2: мб Строка): Лог {   <b>если</b> стр1 = пусто {     <b>вернуть</b> стр2 = пусто   }   <b>если</b> стр2 = пусто {     <b>вернуть</b> ложь   }   <b>вернуть</b> стр1^ = стр2^ } </pre>
--	---

Впрочем, основная разница не в числе строк, а в том, что

- оператор **надо** дает гарантию завершения блока в случае невыполнения условия
- и для **если** приходится инвертировать условие, а это тоже может сказаться на сложности понимания.

Вообще мне кажется, программисты редко отслеживают и обычно недооценивают сложности понимания вложенных условных операторов, а это постоянный источник ошибок.

**Дополнение:** в визуальном языке Дракон [8] вводится понятие главного пути вычисления, то есть того вычисления, ради которого и сделан алгоритм<sup>6</sup>. Оператор **надо** убирает помехи с главного пути и позволяет сделать его более явным.

#### Оператор выбора: сопоставление с образцом на минималках

Сопоставление с образцом (pattern matching) в той или иной степени присутствует во всех современных языках (см., например, Swift, Kotlin, Rust). При этом в каждом из этих языков есть свои существенные особенности в этом механизме, что означает, что механизм еще не устоялся. Во всех этих языках механизм достаточно сложный, как с точки зрения конструкций языка, так и с точки зрения реализации. С другой стороны, он полезен при написании компиляторов, то есть мы имеем классическую ситуацию: хочется и колется.

Для Тривилия это означает, что надо найти баланс между сложностью и полезностью, а именно: взять минимальный набор образцов, самых важных для предметной области и простых в реализации, и отбросить остальные.

Какие образцы нужны для компилятора, основой которого является АСД? АСД — это дерево объектов разных типов (классов), объекты надо различать, и тогда принципиально нужным образцом является *сопоставление с типом*, а без остальных можно обойтись.

Если это принять, то уже есть язык, который именно так подходит к сопоставлению с образцом, впрочем, вообще не используя этот термин. В Go есть три варианта оператора выбора (switch), один из которых обеспечивает сопоставление с типом, второй — это классический выбор по выражению, а третий, который я называю предикатным, позволяет делать, пусть и не самым удобным способом, сопоставление с образцом в общем виде. Тривиль использует такой же подход, с тремя вариантами оператора выбора.

Для иллюстрации приведу фрагмент из текста компилятора, проверка семантики операторов (см. трик/семантика/контроль/кон-операторы.tri в [6]):

1	<b>фн</b> (кон: Контроль) оператор(оп: асд.Оператор) {
2	<b>выбор</b> пусть тек: тип оп {
3	<b>когда</b> асд.ОператорПрисвоить:
4	кон.выражение(тек.Л)

<sup>6</sup> Я не уверен, что языке Дракон стоит писать, но это один из языков, который стоит знать.

5	кон.выражение(тек.П)
6	...
7	<b>когда</b> асд.ОператорЕсли:
8	...
9	<b>когда</b> асд.ОператорПока:
10	...
11	<b>другое</b>
12	<b>авария</b> (строки.ф("необработанный оператор: \$тип;", оп))
13	}
14	}

В строке 2 заголовок оператора выбора по типу определяет переменную тек. Значение этой переменной равно оп, а тип в каждом варианте выбора будет равен типу, указанному в варианте. Например, в строке 4 тип переменной тек — это асд.ОператорПрисвоить, что позволяет работать напрямую с полями объекта этого типа. Тем самым, кроме простого сопоставления с типовым образцом, мы получаем простой вариант того, что в Kotlin называется “умным” преобразованием (smart cast).

Если переменная в вариантах выбора не нужна, то её можно опустить: **выбор тип** оп {}.

Оператор выбор по выражению и выбор по предикатам аналогичны операторам языка Go.

### Преобразование типа

Преобразование типа (type casting, type conversion) – это еще один механизм, для которого не найдено общее решение в языках программирования. Следующая таблица подтверждает это, показывая синтаксис преобразования целого числа в вещественное в нескольких языках:

C	(double) 5
Go	double(5)
Kotlin	5.toDouble()
Swift	Double(5)

И это только верхняя часть айсберга, так как во многих языках есть дополнительные нотации для преобразования типов (в таблице и далее: expr — выражение, T — целевой тип преобразования):

Go	type assertion: expr.(T)
Kotlin	nullable cast: expr as? T unsafe cast: expr as T
Swift	conditional cast: expr as? T forced cast: expr as! T

Для подтверждения слов об айсберге, замечу, что в C++ есть, как минимум, пять вариантов преобразования: `static_cast`, `dynamic_cast`, `const_cast`, `reinterpret_cast` и преобразование в стиле C. Привожу этот факт как подтверждение того, что проблема есть, она известная и непростая.

Увы, для Тривилья не подходит ни одна из известных нотаций, потому, вместо заимствования, пришлось определить требования и искать свое решение.

Требования:

1. один синтаксис для всех преобразований;
2. возможность высокоуровневых преобразований и низкоуровневых (сохраняющих битовое представление) преобразований и их очевидное различие (несмотря на 1.);
3. возможность использования преобразования в левой части присваивания без дополнительных скобок.

Последний пункт надо пояснить. В языке Go конструкция type assertion позволяет написать: `expr.(Type).field`, то есть написать без лишних скобок то, что в Go называют первичным выражением<sup>7</sup>. А в Котлине придется писать `(expr as Class).field`, что, на мой взгляд, более энергоемко из-за

<sup>7</sup> Во многих языках используется термин lvalue (левостороннее выражение).

необходимости ставить скобки вокруг бинарной операции `as` и помнить об этом. Впрочем, синтаксис Go мне также представляется неудобным и неочевидным: нельзя понять, надо запомнить.

В Тривиле для всех преобразований используется запись вида: выражение:(Тип). Например, преобразование целого в вещественное: `5:(Вещ64)`.

Обратите внимание, что

1. текст читается слева направо естественным образом, сначала выражение, которое первично, потом целевой тип преобразования. Как видно в таблице выше, только в языке Kotlin текст читается слева направо, и только за счет того, что преобразование делается методами.
2. Знак `:` устойчиво ассоциируется с типом в описании переменных и параметрах, использование его в преобразовании достаточно естественно.
3. Как и в Go, не нужны лишние скобки, так как операция преобразования типа — это не бинарное выражение, а унарное постфиксное: `тек(:ИмяКласса).поле`.

Для низкоуровневых преобразований к записи добавляется ключевое слово: 'осторожно', например, преобразование переменной класса к слову: `тек(:осторожно Слово64)`. В подсветке синтаксиса это слово выделено красным, как в примере.

И последнее: замечу, что есть еще проблема, связанная с тем, может ли произойти аварийная ситуация при преобразовании типа, и она тоже непростая, но она выходит за рамки статьи.

### Модульность

Модульность — это огромная и сложная тема, которую можно рассматривать с разных сторон. Я коснусь только одной стороны: как устроено взаимодействие между единицами компиляции.

Взаимодействие может быть жестко задано (например, как в языках Modula-2, Oberon, Go), а именно, в каждой единице компиляции<sup>8</sup> явно определено:

- какие из описанных сущностей могут быть использованы в других единицах компиляции (экспорт);
- сущности из каких единиц компиляции могут быть использованы в ней (импорт).

Во многих языках одно или оба из этих правил не выполняются. Например, в C/C++ нет ни импорта, ни экспорта (хотя можно запретить внешнее использование), и нет прямой связи между используемой сущностью (взятой из файла заголовка) и тем, где эта сущность определена. А в Java есть экспорт, но нет импорта (несмотря на наличие конструкции `import`), так как в коде можно использовать полное имя (fully qualified name) любой сущности, независимо от того, есть ли импорт единицы компиляции, в которой эта сущность определена.

Не погружаясь в детали, скажу лишь, что наличие импорта и экспорта делает более явной структуру кода и способствует пониманию, а значит и энергосбережению. Поэтому, именно этот подход принят в Тривиле.

Недостатки такого подхода тоже есть, но о них я буду писать, когда доберусь до следующих, после Тривиле, языков программирования.

В Тривиле единица компиляции — это модуль:

1	<b>модуль</b> привет
2	
3	<b>импорт</b> "std::вывод"
4	
5	<b>вход</b> {
6	вывод.строка("Привет, мир!")
7	}

Программа выводит: "Привет, мир!", используя импортированную библиотеку вывода.

Несколько пояснений:

1. Доступ к экспортированным сущностям импортированного модуля всегда идет через локальное имя модуля (квалифицированный импорт, `qualified import`) как `вывод.строка` в примере. В качестве локального имени модуля, по умолчанию, используется последнее имя в строке импорта. В большинстве языков есть понятие неквалифицированного импорта, то есть возможность использовать имя сущности, например, `строка`, без префикса. Есть случаи, когда такой импорт может быть полезен, например, для реализации DSL (Domain-specific languages), но это плохо влияет на понимание текста, и, следовательно, на энергосбережение.
2. Код модуля в Тривиле (как, например, в Go) может быть размещен в нескольких исходных файлах. Это существенно увеличивает возможность структуризации текста, так как позволяет сгруппировать семантически связанные описания в одном файле, и, как следствие, улучшить

<sup>8</sup> Я использую термин единица компиляции, как обобщающий для модулей, пакетов, crates и т.п.

понимание и энергосбережение. Дополнительные усилия в компиляторе (при правильной архитектуре) пренебрежимо малы.

### Промежуточное заключение

Задачей этой статьи было дать читателю почувствовать подход к разработке языка программирования, основанный на предварительно определенных целях и требованиях. Другими словами, это попытка продвинуться в сторону методики разработки языков программирования.

Естественно, что в статье показана работа далеко не над всеми частями языка. Существенной частью незатронутой работы был подбор терминологии, ключевых слов и стандартных имен. Эта часть работы занимала много времени, так как русская терминология и русские ключевые слова не являются устоявшимися, особенно для современных конструкций, таких, как *может-быть* типы и оператор надо. Цель автора была подобрать слова, которые

- были бы интуитивно понятны,
- соответствовали семантике,
- и вписывались в общую стилистику языка.

В ходе этой работы многие часы были затрачены на подбор синонимов и эксперименты с синтаксисом. Безусловно, работа по подбору терминологии, синтаксиса и ключевых слов будет продолжена во время работы над следующими языками семейства.

Описание разработки Тривилья на этом не заканчивается, в продолжение серии будут разобраны сложные случаи, в которых полное или традиционное решение противоречило требованию минимизации объема работы и приходилось искать баланс между полнотой (выразительностью) конструкции и простотой ее реализации. Первый пример такой работы уже был дан в разделе про оператор выбора.

Кроме того, будет обоснована архитектура компилятора, описана последовательность и график разработки, при этом особое внимание будет уделено тому, что позволило разработать язык, компиляторы и библиотеки в короткое время с минимальными усилиями.

### Литература

1. Недоря А. Е. Разработка языка Тривиль. Первые шаги к семейству языков. Часть 1, 2024. <http://digital-economy.ru/stati/razrabotka-yazyka-trivil-0/blob?file=doc%2Fтривиль%2Fописание%2Freport.pdf>
2. Недоря А.Е. Разработка типовой системы языка программирования приложений, Открытая конференция ИСП РАН, 2019. <http://alekseinedoria.pf/wp-content/uploads/2022/10/Разработка-типовой-системы-для-ворчалок.pdf>
3. Niklaus Wirth, Compiler construction, Addison Wesley, 1996. ISBN 0-201-40353-6
4. Diagram to Rust and language compiler design. <https://www.mo4tech.com/diagram-to-rust-and-language-compiler-design-part-1-rust-compilation-process-and-macro-expansion.html>
5. Язык программирования Тривиль. <https://gitflic.ru/project/alekseinedoria/trivil-0/blob?file=doc%2Fтривиль%2Fописание%2Freport.pdf>
6. Тривиль: публичный репозиторий. <https://gitflic.ru/project/alekseinedoria/trivil-0>
7. N.Moessenboeck, N.Wirth The Programming Language Oberon-2, Institut fur Computersysteme, ETH Zurich, July 1996.
8. Паронджанов В. Д. Умеет ли человечество писать алгоритмы? Безошибочные алгоритмы и язык ДРАКОН, 2021. <https://habr.com/ru/articles/537294/#Визуальное%20структурное%20программирование>

### Спецификации языков программирования

[Go] The Go Programming Language Specification. <https://go.dev/ref/spec>

[Kotlin] Kotlin language specification. <https://kotlinlang.org/spec/kotlin-spec.html>

[Oberon] The Programming Language Oberon. <https://people.inf.ethz.ch/wirth/Oberon/Oberon.Report.pdf>

[Rust] The Rust Reference. <https://doc.rust-lang.org/reference/>

[Swift] The Swift Programming Language.

<https://docs.swift.org/swift-book/documentation/the-swift-programming-language/>

### References in Cyrillics

1. Nedorya A. E. Razrabotka yazy`ka Trivil`. Pervy`e shagi k semejstvu yazy`kov. Chast` 1, 2024. <http://digital-economy.ru/stati/razrabotka-yazyka-trivil-0/blob?file=doc%2Fтривиль%2Fописание%2Freport.pdf>
2. Nedorya A. E. Razrabotka tipovoj sistemy` yazy`ka programmirovaniya prilozhenij, Otkry`taya konferenciya ISP RAN, 2019.
3. Yazy`k programmirovaniya Trivil`.
4. <https://gitflic.ru/project/alekseinedoria/trivil-0/blob?file=doc%2Fтривиль%2Fописание%2Freport.pdf>
5. Trivil: publichny`j repozitorij. <https://gitflic.ru/project/alekseinedoria/trivil-0>
6. Parondzhanov V. D. Umeet li chelovechestvo pisat` algoritmy`? Bezoshibochny`e algoritmy` i yazy`k DRAKON, 2021.

7. <https://habr.com/ru/articles/537294/#Визуальное%20структурное%20программирование>

*Недоря Алексей Евгеньевич, к.ф.-м.н.  
ORCID 0000-0001-8998-7072  
[aleksei.nedoria@yandex.ru](mailto:aleksei.nedoria@yandex.ru)  
Телеграмм канал: [t.me/vorchalki\\_o\\_prog](https://t.me/vorchalki_o_prog)*

**Ключевые слова:**

язык программирования, семейство языков программирования, разработка языков программирования, типовая система, компилятор, архитектура компиляторов, энергосбережение разработчика.

**Aleksei Nedoria, Development of programming language Trivil. Part 2.**

**Keywords**

programming language, family of programming languages, programming language development, type system, compiler, compiler architecture, developer energy saving.

DOI: 10.34706/DE-2024-04-06

JEL classification: C65, E42

**Abstract**

The article is the second in a series of articles that describe the development of the Trivil programming language. The first article described the first stage of language development: defining goals, requirements and selection criteria. This article provides a rationale for the main language solutions. Like the entire series, the article is aimed, for the most part, not at the programmer who uses the language, but at the developer of programming languages.

УДК: 339.13.024

## 1.7. Системное бэк-тестирование торговых стратегий для цифровых производных финансовых инструментов

Патласов Д.А., аспирант ПГНИУ, Пермь

*В данной работе рассматривается задача многопериодного прогнозирования реализованной волатильности (realized volatility, RV) и системного бэк-тестирования торговых стратегий для опционов на торгуемые биржевые фонды (Exchange-Traded Fund, ETF). Цель исследования – построение моделей глубокого обучения для многопериодного прогнозирования волатильности активов, таких как SPY и QQQ, и проверка эффективности прогнозов в рамках бэк-тестирования опционных стратегий. Для прогнозирования было использовано несколько архитектур нейронных сетей: LSTM, GRU, BiLSTM, BiGRU, FNN и NBEATSx, а также базовая эконометрическая модель HAR-RV для сравнения. В исследовании вводится новая функция потерь, квантильный лог-гиперболический косинус, для повышения точности прогнозов на высоких значениях волатильности. Точность моделей оценивалась на основе метрик MSE, MAE, MAPE и скорр. R<sup>2</sup>, что показало превосходство рекуррентных архитектур. С целью апробации в условиях различных рыночных сценариев полученные прогнозы реализованной волатильности были использованы в бэк-тестировании двух опционных стратегий: стрэддл и v-скальпинг.*

### 1. Введение

В условиях высокой неопределенности на финансовых рынках прогнозирование реализованной волатильности становится ключевым аспектом для инвесторов и трейдеров. Задача состоит в том, чтобы построить прогноз будущей реализованной волатильности на основе исторических данных, что позволяет более эффективно управлять рисками и принимать обоснованные инвестиционные решения.

В рамках исследования представлены модели, которые единоразово способны производить прогноз временного ряда на несколько периодов вперед. Подобное моделирование именуется многопериодным прогнозированием. В данном случае модели обучаются прогнозировать RV финансового инструмента на  $k$  дней вперед ( $k \in 5, 10, 15, 20$ ). Для этих целей были выбраны следующие архитектуры нейронных сетей:

- LSTM;
- GRU;
- BiLSTM;
- BiGRU;
- FNN;
- NBEATSx.

Эффективность моделей глубокого обучения будет подтверждаться при превосходстве по точности на тестовой выборке следующей базовой бенчмарк-модели для прогнозирования реализованной волатильности – HAR-RV (для каждого  $k$ ):

$$RV_{t+k} = \alpha + \beta^d RV_t^d + \beta^w RV_t^w + \beta^m RV_t^m + \epsilon_{t+k}, \quad (1)$$

где  $RV_{t+k}$  – целевая переменная, реализованная волатильность на  $k$  дней вперед от дня  $t$ ;  $RV_t^d, RV_t^w, RV_t^m$  – реализованная волатильность день, неделю и месяц назад от дня  $t$ ;  $\alpha, \beta^d, \beta^w, \beta^m$  – оценки параметров модели;  $\epsilon_{t+k}$  – остатки модели.

В HAR-модели дневная реализованная волатильность является функцией запаздывающей дневной, недельной и месячной реализованной волатильности.

Согласно гипотезе неоднородного рынка [Dasogogna (1997)], волатильность доходности активов зависит от различных торговых поведений и торговых ожиданий на разных инвестиционных горизонтах, что может раскрыть динамические изменения на рынке. В связи с этим [Corsi (2009)] предлагает модель HAR, которая предполагает наличие трех основных торговых горизонтов, основанных на дневных, недельных и месячных периодах, которые соответствуют краткосрочному, среднесрочному и долгосрочному инвестиционному поведению. Таким образом, каждое торговое поведение влияет на волатильность и может захватывать характеристику долгой памяти волатильности. Модель HAR имеет простую авторегрессионную структуру RV с экономическим смыслом. [Corsi (2008)] сравнивает модель HAR с другими моделями долгой памяти, такими как модель ARFIMA, и считает, что фракционно-интегрированные модели не могут полностью отражать рыночную информацию и модель HAR может быть более подходящей для характеристики долгой памяти RV.

### 2 Методология многопериодного прогнозирования реализованной волатильности

В оцениваемых архитектурах нейронных сетей вводится модификация функции потерь с дополнительным штрафом при обучении на высоких квантилях реализованной волатильности. Модификацию будем называть квантильный лог-гиперболический косинус (quantile log-cosh). Расширение заключается

в добавлении штрафа  $\lambda$  при расчете ошибок на данных больших значений, а именно выше  $\eta$ -го квантиля. Тогда новая функция примет вид:

$$\mathcal{L}(RV, \widehat{RV}) = \sum_{i=1}^n \ln \left[ \cosh(RV_i - \widehat{RV}_i) \cdot \left( 1 + 1_{\{RV_i > q_\eta\}} \cdot \lambda \cdot (RV_i - q_\eta) \right) \right], \quad (2)$$

где  $\mathcal{L}(RV, \widehat{RV})$  – функция потерь (квантильный лог-гиперболический косинус);  $q_\eta$  – значение  $\eta$ -го квантиля от истинных значений зависимой переменной (априорно установим равным 0,75);  $1_{\{RV_i > q_\eta\}}$  – индикаторная функция, которая принимает значение 1, когда  $RV_i$  больше  $q_\eta$  и 0 в ином случае;  $\lambda$  – множитель штрафа к функции потерь выше  $\eta$ -го квантиля.

Подбор гиперпараметров нейронных сетей в настоящем исследовании реализуется при помощи валидации. Временные ряды были предварительно поделены на обучающую, валидационную и тестовую выборки по следующим временным диапазонам:

- обучающая выборка: 01.01.2010-31.12.2018 для SPY и 01.01.2012-31.12.2018 для QQQ;
- валидационная выборка: 01.01.2019-31.06.2020 для SPY и 01.01.2019-31.06.2020 для QQQ;
- тестовая выборка: 01.07.2020-31.12.2023 для SPY и 01.07.2020-31.12.2023 для QQQ;

Механизм валидации предполагает, что будет выбрана та комбинация гиперпараметров, где достигается наименьшее значение ошибки на валидационной выборке после обучения. Отслеживать ошибку на валидационной выборке будем по метрике MSE.

В табл. 1 отобразим перечень используемых комбинаций гиперпараметров в нейронных сетях. Таблица 1. Перечень значений гиперпараметров, использованных для подбора кросс-валидации.

Гиперпараметр	LSTM, GRU, BiLSTM, BiGRU	FNN	NBEATSx
Предобработка	MinMaxScaler; StandardScaler; Yeo-Johnson transformation		
Количество слоев	2; 3; 4		-
Кол-во нейронов	16; 32; 64; 128; 256	16; 32; 64; 128; 256; 512	-
Дропаут	0,0; 0,1; 0,2; 0,3		
Рекуррентный дропаут	0,0; 0,1; 0,2; 0,3		
Размер батча	32; 64; 128; 256		
Функция активации	Tanh, Soft sign; Sigmoid	ReLU; Leaky ReLU; Linear; Tanh; SeLU	
Скорость обучения	0,001; 0,0003; 0,0001		
$\lambda$ (гиперпараметр лосс-функции квантильный лог-гиперболический косинус)	2, 3, 5, 10		
Количество блоков	-	2; 3; 4	

В данной работе не будет ограничения по количество эпох, а будет реализован механизм ранней остановки. Механизм ранней остановки прекращает обучение, когда отслеживаемая ошибка на валидационной выборке растет  $n$  раз подряд. Установим  $n$  равное 5. Следует отметить, что поиск по сетке для подбора комбинации гиперпараметров был реализован с параллельным алгоритмом для распределения обучения моделей на разных ядрах GPU.

После проведения процедуры валидации были отобраны наилучшие комбинации гиперпараметров нейронных сетей для инструментов SPY и QQQ. Данные комбинации обеспечивают наименьшее значение MSE на валидационной выборке.

### 3 Качество и точность прогнозных моделей

Далее перейдем к результатам обучения описанных моделей на предобработанных временных рядах. Выделим те модели, которые реализовали наиболее точные прогнозы (табл. 2):

Таблица 2. Метрики качества моделей прогнозирования реализованной волатильности SPY и QQQ

Мо-дель	SPY ETF				QQQ ETF			
	MSE× 10 <sup>5</sup>	MAE× 10 <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Adj.	MAPE	MSE× 10 <sup>5</sup>	MAE× 10 <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Adj.	MAPE
Целевая переменная – $RV_{t+5}$								
LSTM	<b>0,30</b>	<b>0,13</b>	0,88	<b>0,09</b>	<b>0,20</b>	<b>0,09</b>	<b>0,88</b>	<b>0,09</b>
GRU	<b>0,30</b>	<b>0,13</b>	0,88	0,10	<b>0,20</b>	0,12	0,86	0,12
BiLSTM	<b>0,30</b>	<b>0,13</b>	<b>0,89</b>	<b>0,09</b>	<b>0,20</b>	0,12	0,85	0,13
HAR-RV	<b>0,30</b>	<b>0,13</b>	0,88	<b>0,09</b>	<b>0,20</b>	0,10	0,87	0,11
Целевая переменная – $RV_{t+10}$								
LSTM	<b>0,60</b>	<b>0,18</b>	0,77	<b>0,13</b>	<b>0,30</b>	<b>0,14</b>	<b>0,78</b>	<b>0,14</b>
GRU	0,70	0,20	0,71	0,14	0,40	<b>0,14</b>	0,77	0,15
BiLSTM	<b>0,60</b>	<b>0,18</b>	<b>0,78</b>	<b>0,13</b>	0,30	<b>0,14</b>	0,77	0,15
Целевая переменная – $RV_{t+15}$								
LSTM	<b>0,90</b>	<b>0,23</b>	0,65	<b>0,17</b>	<b>0,50</b>	<b>0,17</b>	<b>0,66</b>	0,18
BiLSTM	1,00	<b>0,23</b>	<b>0,64</b>	0,16	0,60	0,18	0,62	<b>0,17</b>
Целевая переменная – $RV_{t+20}$								
LSTM	<b>1,40</b>	<b>0,29</b>	<b>0,46</b>	<b>0,20</b>	<b>0,80</b>	<b>0,21</b>	0,50	<b>0,20</b>

Результаты, представленные в табл. 2, показывают метрики качества прогнозов реализованной волатильности для различных моделей на горизонтах  $t + 5$ ,  $t + 10$ ,  $t + 15$  и  $t + 20$ . Анализ показывает, что модели на основе рекуррентных нейронных сетей (LSTM, GRU, BiLSTM и BiGRU) стабильно демонстрируют более высокую точность прогнозов, чем модели на основе полносвязных нейронных сетей FNN и NBEATSx, а также эконометрическая модель HAR-RV.

В целом можно резюмировать, что по всем рассмотренным метрикам на тестовой выборке в среднем наивысшую точность прогнозирования показывает модель LSTM, превосходя бенчмарк-модель HAR-RV. Далее на рис. 1-2 представим графики прогнозов LSTM-модели реализованной волатильности SPY и QQQ для  $k = 5$  с доверительными интервалами:

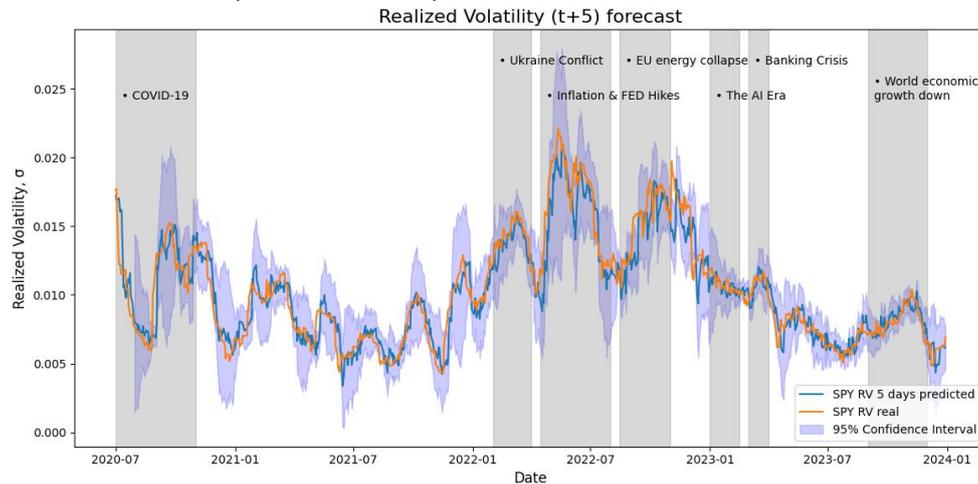


Рис. 1. Прогнозируемая и фактическая  $RV_{t+5}$  для SPY на тестовой выборке (составлено автором)

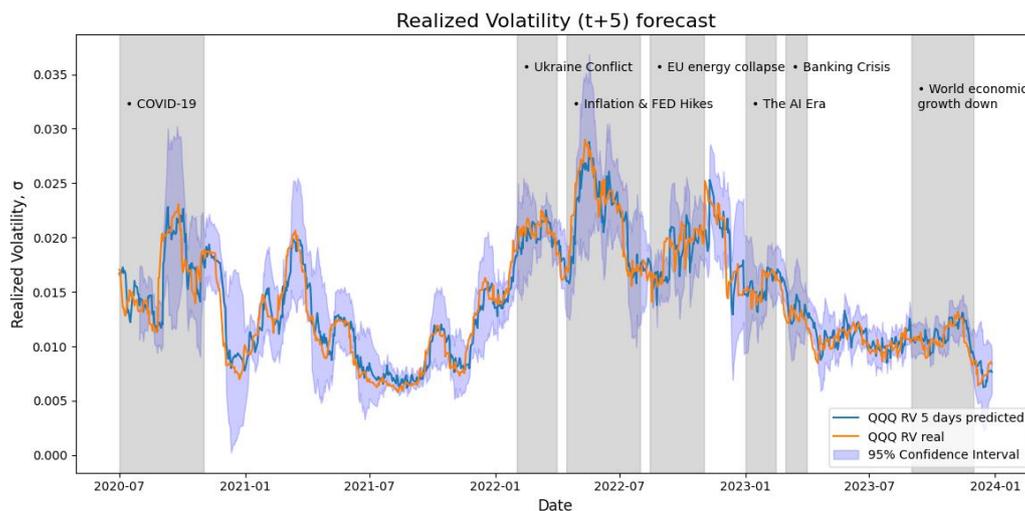


Рис. 2. Прогнозируемая и фактическая  $RV_{t+5}$  для QQQ на тестовой выборке (составлено автором)

## 4 Бек-тестирование торговых стратегий

### 4.1 Стратегия стрэддл (straddle)

Первой стратегией является стрэддл опционов. Стратегия стрэддл является одной из популярных опционных стратегий, которая направлена на получение прибыли от значительного изменения цены базового актива, вне зависимости от направления этого изменения. Данная стратегия включает в себя одновременную покупку колл-опциона и пут-опциона с одинаковыми страйками и сроками истечения.

Основные компоненты стратегии стрэддл:

- колл-опцион ( $C$ ): право купить базовый актив по страйку ( $K$ );
- пут-опцион ( $P$ ): право продать базовый актив по  $K$ ;
- цена базового актива ( $S_T$ ): цена актива в момент исполнения опционов;
- волатильность ( $\sigma$ ): ожидаемая изменчивость цены базового актива;
- время до истечения ( $T$ ): период времени, оставшийся до момента исполнения опционов, выраженный в годах;
- временной период с 01.07.2020 по 31.12.2023.

Стоимость стрэддла ( $C + P$ ) равна сумме цен колл-опциона и пут-опциона. Тогда стоимость стрэддла в терминах стоимости Блека-Шоулза выражается как:

$$C + P = SN(d_1) + Ke^{-rT}N(-d_2). \quad (3)$$

На момент истечения опционов прибыль ( $\pi$ ) от стратегии стрэддл равна:

$$\pi = \max(S_T - K, 0) + \max(K - S_T, 0) - (C + P). \quad (4)$$

Далее опишем процедуру реализации стратегии стрэддл:

1. Сначала исключаем из тестирования следующие колл- и пут-опционы:  $T > 25$  (дн.); объем торгов по  $C$  и  $P < 100$ .

2. Для поиска сигналов на открытие стрэддлов будем искать случаи, когда предсказанное значение реализованной волатильности ( $RV_{t+k}^{Pred}$ ) ниже текущей  $RV_t$  через  $k$  дней на  $\Delta\%$ , где ( $k = 5, 10, 15, 20$ ;  $\Delta = 5, 10, 15\%$ ):

$$\text{Сигнал} \Leftrightarrow RV_{t+k}^{Pred} \leq (1 - \Delta) \cdot RV_t. \quad (5)$$

Эмпирически было выявлено, что стратегия стрэддл является более эффективной, когда  $RV_{t+k}^{Pred}$  ниже текущего уровня реализованной волатильности для SPY и QQQ.

3. После отбора сигналов выбираем пару колл- и пут-опционов с наименьшей абсолютной разницей между  $K$  и  $S_0$ . Для SPY и QQQ используются опционы с датой экспирации  $\pm 3$  дня от  $k$ .

4. Рассчитываем стоимость стрэддла и его значение на момент экспирации по ур. (4).

5. Рассчитываем количество сделок, долю положительных сделок (winrate) и доходность сигнала ( $r_i$ ):

$$r_i = \left( \frac{\pi_i}{C_i + P_i} \right) - 1. \quad (6)$$

6. Вычисляем портфельных метрик исходя из средней доходности сигнала ( $\mu$ ) и стандартного отклонения сигнала ( $\sigma$ ):

– Коэффициент Шарпа ( $SR$ ):

$$SR = \frac{\mu}{\sigma} * \sqrt{\frac{252}{k}}. \quad (7)$$

– Асимметрия и эксцесс доходностей сигналов, которые определяются по известным формулам.

После проведения всех расчетов получаем таблицы с различными наборами производительности сигналов стратегии стрэддл для различных  $k$  и  $\Delta$  для инструментов SPY и QQQ (табл. 3-4):

Таблица 3. Результаты тестирования стратегии стрэддл для SPY на падении  $RV_{t,k}$

$k$	$\Delta RV_{t,k}$	Всего сделок	Winrate	$\mu$	$\sigma$	$SR$	Асимметрия	Эксцесс
$k = 5$	-5%	283	0,42	-0,02	0,76	-0,21	0,90	0,34
	-10%	97	0,54	0,18	0,86	1,52	0,62	-0,34
	-15%	17	0,59	0,39	0,76	3,64	0,52	-0,73
$k = 10$	-5%	237	0,42	-0,02	0,73	-0,16	0,83	0,53
	-10%	132	0,45	0,03	0,72	0,18	0,86	0,94
	-15%	49	0,35	-0,01	0,90	-0,05	1,22	0,96
$k = 15$	-5%	329	0,43	-0,01	0,72	-0,04	0,95	0,65
	-10%	216	0,45	0,00	0,69	0,03	0,68	-0,22
	-15%	131	0,48	0,04	0,70	0,21	0,69	-0,08
$k = 20$	-5%	368	0,45	0,05	0,72	0,23	0,99	1,36
	-10%	257	0,45	0,04	0,74	0,21	1,06	1,66
	-15%	168	0,45	0,06	0,76	0,26	1,19	2,27

Таблица 4. Результаты тестирования стратегии стрэддл для QQQ на падении  $RV_{t,k}$

$k$	$\Delta RV_{t,k}$	Всего сделок	Winrate	$\mu$	$\sigma$	$SR$	Асимметрия	Эксцесс
$k = 5$	-5%	124	0,53	0,14	0,76	1,28	1,08	2,48
	-10%	26	0,58	0,22	1,03	1,55	1,40	2,84
	-15%	3	0,33	-0,06	0,62	-0,64	0,63	–
$k = 10$	-5%	262	0,44	0,01	0,69	0,04	0,73	-0,15
	-10%	93	0,46	0,09	0,74	0,59	0,63	-0,32
	-15%	19	0,58	0,29	0,95	1,56	0,28	-0,81
$k = 15$	-5%	339	0,43	0,04	0,72	0,23	0,89	0,91
	-10%	186	0,45	0,07	0,76	0,37	0,93	1,33
	-15%	70	0,46	0,19	0,82	0,94	1,31	2,85
$k = 20$	-5%	431	0,44	-0,00	0,69	-0,02	1,03	1,83
	-10%	307	0,43	-0,02	0,72	-0,12	1,18	2,32
	-15%	187	0,42	-0,07	0,69	-0,38	1,41	3,76

#### 4.2 Стратегия $v$ (вега)-скальпинг

Второй тестируемой стратегией является  $v$ -скальпинг. Стратегия  $v$ -скальпинг направлена навлечение прибыли из изменений волатильности, путем торговли опционами с высокой чувствительностью к изменениям волатильности.  $v$  характеризует, насколько цена опциона изменяется при изменении подразумеваемой волатильности базового актива.

$v$  – это частная производная цены опциона  $C$  по волатильности  $\sigma$ :

$$v = \left( \frac{\partial C}{\partial \sigma} \right). \quad (8)$$

Произведем вычисление частной производной:

$$\frac{\partial C}{\partial \sigma} = S \cdot \left( \frac{\partial N(d_1)}{\partial \sigma} \right) - K \cdot e^{-rT} \cdot \left( \frac{\partial N(d_2)}{\partial \sigma} \right). \quad (9)$$

Используя свойства нормального распределения, можно показать:

$$\frac{\partial N(d_1)}{\partial \sigma} = N'(d_1) \cdot \left( \frac{\partial d_1}{\partial \sigma} \right); \quad \frac{\partial N(d_2)}{\partial \sigma} = N'(d_2) \cdot \left( \frac{\partial d_2}{\partial \sigma} \right). \quad (10)$$

Теперь найдем  $\frac{\partial d_1}{\partial \sigma}$ :

$$\frac{\partial d_1}{\partial \sigma} = \frac{\left( T\sigma\sqrt{T} - \left( \ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T \right) \cdot \frac{\partial \sigma\sqrt{T}}{\partial \sigma} \right)}{(\sigma\sqrt{T})^2}. \quad (11)$$

После упрощения  $v$  принимает вид:

$$v = S\sqrt{T} \cdot N'(d_1), \quad (12)$$

где  $N'(d_1)$  – плотность нормального распределения:

$$N'(d_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{d_1^2}{2}}. \quad (13)$$

Тогда, заключим, что  $v$  измеряет чувствительность цены опциона к изменению волатильности базового актива.

Дизайн стратегии  $v$ -скальпинг: если прогнозируемая волатильность ниже текущего уровня, то предполагается, что рынок зависил текущие значения премий опционов. Основной упор делается на колл-опционы с высокой  $v$ , так как они наиболее чувствительны к изменениям волатильности. Отбор сигналов и оценка эффективности стратегии аналогична стратегии стрэддл за некоторыми исключениями: используются только колл-опционы; колл-опционы отбираются по максимальному значению  $v$ , а не близости  $K$  и  $S_0$ ; временной период с 01.07.2020 по 31.12.2023; прибыль стратегии определяется равенством:

$$\pi = \max(S_T - K, 0) - (C). \quad (14)$$

Тогда в стратегии предполагается покупка колл-опционов на SPY и QQQ при прогнозировании снижения  $RV_t$  с максимальной  $v$ . Отобразим результативность стратегий для SPY и QQQ (табл. 5-6):

Таблица 5. Результаты тестирования стратегии  $v$ -скальпинг для SPY на падении  $RV_{t,k}$

$k$	$\Delta RV_{t,k}$	Всего сделок	Winrate	$\mu$	$\sigma$	SR	Асимметрия	Эксцесс
$k = 5$	-5%	282	0,47	0,21	1,31	1,15	0,83	-0,44
	-10%	95	0,41	0,08	1,37	0,39	1,15	0,21
	-15%	17	0,35	-0,09	1,24	-0,51	1,33	1,16
$k = 10$	-5%	0,95	234	0,48	0,23	1,32	-1,0	0,86
	-10%	0,90	130	0,48	0,25	1,35	-1,0	0,80
	-15%	0,85	47	0,32	-0,15	1,11	-1,0	1,20
$k = 15$	-5%	326	0,48	0,21	1,29	0,66	0,91	-0,16
	-10%	213	0,52	0,36	1,39	1,07	0,74	-0,62
	-15%	129	0,44	0,19	1,39	0,56	0,96	-0,33
$k = 20$	-5%	380	0,48	0,18	1,31	0,50	0,88	-0,27
	-10%	268	0,47	0,17	1,30	0,47	0,92	-0,18
	-15%	178	0,48	0,19	1,32	0,52	0,95	-0,06

Таблица 6. Результаты тестирования стратегии  $v$ -скальпинг для QQQ на падении  $RV_{t,k}$

$k$	$\Delta RV_{t,k}$	Всего сделок	Winrate	$\mu$	$\sigma$	SR	Асимметрия	Эксцесс
$k = 5$	-5%	127	0,55	0,37	1,36	1,91	0,70	-0,41
	-10%	27	0,37	-0,19	1,05	-1,29	1,09	0,32
	-15%	3	0,33	-0,43	0,98	-3,11	1,73	-
$k = 10$	-5%	259	0,43	0,12	1,33	0,46	1,11	0,60
	-10%	91	0,49	0,22	1,39	0,80	1,08	0,87
	-15%	19	0,42	0,17	1,56	0,55	1,33	1,05
$k = 15$	-5%	344	0,43	0,21	1,42	0,60	1,04	0,13
	-10%	189	0,41	0,12	1,37	0,37	1,06	0,17
	-15%	72	0,47	0,21	1,39	0,61	0,97	-0,16
$k = 20$	-5%	490	0,39	0,08	1,34	0,20	1,07	0,08
	-10%	354	0,36	-0,00	1,30	-0,01	1,17	0,29
	-15%	220	0,36	0,00	1,28	0,01	1,07	-0,09

## 5. Заключение

Результаты тестирования стратегии стрэддл продемонстрировали наличие отдельных конфигураций, характеризующихся  $SR$ , превышающим 1. Для инструмента SPY наблюдались конфигурации, в которых  $SR$  превышал 1, в частности, при  $\Delta = -15\%$  и временном горизонте  $k = 5$  дней ( $SR$  равен 3,64).

Однако, у данной стратегии с начала тестирования всего 17 сделок, что недостаточно по требованию полноты выборки сигналов. В случае  $\Delta = -10\%$  и временном горизонте  $k = 5$  дней, коэф. Шарпа равен 1,52 при 97 сделках. Для инструмента QQQ также обнаружены конфигурации с  $SR$  выше 1. Наиболее заметным является случай с  $\Delta = -5\%$  и  $k = 5$  дней, где  $SR$  достигло 1,28. В этом случае стратегия стрэддл также смогла показать благоприятное соотношение доходности и риска на коротком горизонте. Таким образом, результаты показывают, что для обоих инструментов стратегия стрэддл может быть успешной, если выбирать сигналы при прогнозировании резкого снижения реализованной волатильности на краткосрочных и среднесрочных горизонтах. В исследовании стратегий  $v$ -скальпинга на основе волатильности для активов SPY и QQQ выявлены несколько успешных подходов с  $SR$  выше 1, которые можно считать стабильными и прибыльными при достаточном количестве сделок. Для актива SPY результаты показали, что стратегия с падением прогнозируемой волатильности на 5% при сроке удержания опциона  $k = 5$  дней оказалась успешной. Она продемонстрировала коэффициент Шарпа 1,15, что свидетельствует о хорошей пропорции между ожидаемой доходностью и риском. Данная стратегия характеризуется положительной асимметрией, что указывает на возможность получения значительных положительных доходностей. Похожий успех наблюдается и для  $k = 10$  дней при том же уровне падения волатильности: коэффициент Шарпа 1,32. Также интересный результат показала стратегия с  $k = 15$  дней и падением волатильности на 10% - коэффициент Шарпа 1,07 при хорошем уровне winrate демонстрирует устойчивую доходность. Что касается QQQ, то наиболее успешной оказалась стратегия с падением прогнозируемой волатильности на 5% и  $k = 5$  дней. Здесь коэффициент Шарпа достиг 1,91, что является наивысшим значением среди всех протестированных стратегий. Этот результат сочетается с высоким уровнем winrate и положительной асимметрией, подчеркивая устойчивость и эффективность стратегии.

#### Литература

1. Dacorogna M. M. et al. Modelling short-term volatility with GARCH and HARARCH models // Available at SSRN 36960. – 1997.
2. Corsi F. A simple approximate long-memory model of realized volatility // Journal of Financial Econometrics. – 2009. – Т. 7. – №. 2. – С. 174-196.
3. Corsi F. et al. The volatility of realized volatility // Econometric Reviews. – 2008. – Т. 27. – №. 1-3. – С. 46-78.

#### References in Cyrillics

1. Dacorogna M. M. et al. Modelling short-term volatility with GARCH and HARARCH models // Available at SSRN 36960. – 1997.
2. Corsi F. A simple approximate long-memory model of realized volatility // Journal of Financial Econometrics. – 2009. – Т. 7. – №. 2. – С. 174-196.
3. Corsi F. et al. The volatility of realized volatility // Econometric Reviews. – 2008. – Т. 27. – №. 1-3. – С. 46-78.

#### Ключевые слова:

Прогнозирование волатильности, нейронные сети, бек-тестирование торговых стратегий, деривативы

*Патласов Дмитрий Александрович, аспирант ПГНИУ*

[dmitriypatlasov@gmail.com](mailto:dmitriypatlasov@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-4349-2047

#### Dmitry Patlasov. System back-testing of trading strategies for digital derivatives

#### Keywords:

Volatility forecasting, neural networks, back-testing of trading strategies, derivatives

DOI: 10.34706/DE-2024-04-07

JEL classification: C02 Математические методы

#### Abstract

This paper considers the task of multi-period forecasting of realized volatility ( $RV$ ) and systematic back-testing of trading strategies for options on traded exchange-Traded funds (Exchange-Traded Fund, ETF). The purpose of the study is to build deep learning models for multi-period forecasting of asset volatility, such as SPY and QQQ, and to verify the effectiveness of forecasts as part of back-testing of option strategies. Several neural network architectures were used for forecasting: LSTM, GRU, BiLSTM, BiGRU, FNN and NBEATSx, as well as the basic econometric model HAR-RV for comparison. The study introduces a new quantile log loss function, the hyperbolic cosine, to improve the accuracy of forecasts at high volatility values. The accuracy of the models was estimated based on the metrics MSE, MAE, MAPE and  $R^2$ , which showed the superiority of recurrent architectures. In order to test the forecasts of realized volatility in various market scenarios, the obtained forecasts were used in the back-testing of two option strategies: straddle and  $v$ -scalping.

УДК 004.4

## 1.8. Применение методов искусственного интеллекта при анализе результатов периметрии пациентов и диагностировании глаукомы

А.И. Медведева<sup>1</sup>, Т.А. Жуков.<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>РЭУ им. Г.В. Плеханова. Москва, Россия

*Сенсорная активность мозга является необходимым компонентом психических и физиологических процессов, связанных с восприятием информации и возникновением различных заболеваний, в том числе обусловленных нарушением периферических границ поля зрения, отслоением сетчатки глаза и других. В данной статье рассматривается возможность создания отечественного аналога периметра для офтальмологической диагностики полей зрения. Глаукома прогрессирует, не вызывая симптомов, пока заболевание не достигнет стадии тяжелого повреждения нервов. Для замедления прогрессирования заболевания необходимо раннее вмешательство и наблюдение за развитием течения болезни. Именно поэтому принято решение изучить возможность использования методов графической обработки периметрических изображений с дальнейшей возможностью использования методов машинного обучения.*

### Введение

Исследования зрительного анализатора очень важны для понимания предметной области изучения полей зрения, а также диагностики и лечения заболеваний глаз. В данной работе собран и обработан датасет результатов периметрии пациентов с различными зрительными патологиями. Существует два типа периметрии: статический и кинетический. В основе статической периметрии лежит использование неподвижных объектов для исследования поля зрения человека. Благодаря разной освещенности объекта информация может быть передана на компьютер. В конечном итоге, этот тип исследования поля зрения позволяет получить картографические данные, которые затем обрабатываются и анализируются. В кинетическом периметре используют объект различных цветов, находящийся в движении. Именно результат полученных картографических снимков особенно важен в изучении и создании отечественных аналогов компьютерных методов диагностики полей зрения [Симакова, Сухинин, 2012].

Золотым стандартом периметрии является компьютерная периметрия Хамфри. Однако, использование данной технологии в России является достаточно затратным, поэтому наиболее распространены периметры типа Томей. Именно анализ снимков-картограмм, полученных в результате проведения обследования пациентов на периметре Томей использовался в данной работе.

Считывание периметрических снимков является ключевым этапом в диагностике глаукомы. Для повышения точности и эффективности этого процесса широко применяются нейронные сети. Обучение нейронной сети на большом объеме медицинских изображений позволяет улучшить качество анализа данных, сократить время, затрачиваемое на диагностику, а также уменьшить вероятность ошибок. Таким образом, дальнейшие этапы исследования основаны на способе создания классификатора, способного определять норму и патологию по результатам периметрии.

### Исследования поля зрения пациентов при помощи компьютерного анализа изображения

Глаз – это один из важнейших сенсорных органов человека и животных. При изучении анатомии глаза для нашего исследования удалось подчеркнуть несколько важных аспектов. Во-первых, если рассматривать течение и развитие глаукомы важно понимать изменение периферических границ поля зрения пациента и зрительную реакцию на наблюдаемые объекты. Во-вторых, основная часть, подвергающаяся поражению при обнаруженной глаукоме, — это зрительный нерв [Сомов, 2016].

Основная задача лечения глазных заболеваний заключается в том, чтобы предотвратить развитие нарушений зрения у пациентов, которые могут привести к инвалидизации в повседневной жизни. Измерение скорости изменения поля зрения имеет большое значение для определения рисков функциональных расстройств.

Главная цель работы — во время изучения снимков-картограмм (рисунок 1) пациентов перевести изображения в табличную форму, а также в дальнейшем собрать большой датасет для создания классификатора и отечественного программного обеспечения (ПО) для периметра.

Для начала необходимо подробнее указать этапы формирования датасета. Первое: сначала пациент проходит медицинское периметрическое обследование. Данный шаг необходим для получения границ полей зрения. После этого готовый результат процедуры выводится на экран компьютера и печатается на бумажный носитель.

Ввиду отсутствия получения отсканированных изображений каждый конкретный снимок — это фотография либо бумажного, либо электронного результата обследования, проводимого офтальмологом. В связи с этим возникла необходимость ручного отбора снимков на соответствие качества и наличие всех необходимых для анализа параметров (пол, возраст, дата и время обследования, поставленный диагноз).

При изучении данного датасета можно выделить следующие этапы работы:

1. Получение вышеописанных снимков. Изображения могут быть в различных форматах (например, JPEG, PNG) и иметь разное разрешение.

2. Затем каждое изображение должно быть размечено, то есть иметь метку, указывающую на диагноз или состояние пациента. Например, метки могут включать категории, такие как норма, ранняя стадия глаукомы, прогрессирующая глаукома и т.д.

3. Также необходима дополнительная информация о каждом изображении и пациенте: возраст, пол, история болезни, результаты предыдущих обследований и т.д. Эти данные могут быть полезны для анализа и улучшения модели.

Как видно из рисунка 1, качество данных, передаваемых врачами-офтальмологами для набора датасета, достаточно низкого качества. Именно из-за данной проблемы набор датасета небольшой, однако для первоначального анализа точек на изображениях оказалось достаточно.

В результате по ранее описанным этапам отобранные изображения анализировались программными средствами и для будущего формирования набора данных использовался анализ каждого конкретного изображения. Именно перевод снимка из графического в некий объем текстовых данных и является его переводом в табличную форму.

Объектами датасета являлись сами пациенты, с полученными от них снимками-картограммами, а наиболее важными признаками являлись диагнозы испытуемых. Важной частью являлась также разметка данных после их отбора, для этого изображения делились на категории по диагнозам, это позволило в дальнейшем их классифицировать.

Для дальнейшего обучения данных использовались алгоритмы для выявления закономерностей в диагнозах и нарушениях поля зрения пациентов. Это необходимо в том числе и для обучения нейронных сетей распознавать все отклонения на изображениях.

Если посмотреть на изображение периметрических данных, то можно увидеть множество точек, которые отделены окружностью, обозначающей границы поля зрения. Каждая точка соответствует стимулу и является нормой или патологией для каждого конкретного пациента. Патологии могут проявляться в виде скотом, которые означают частичное или полное отсутствия видимости объекта в конкретной области.

Во время прохождения обследования оба глаза изучаются одновременно, при этом правый глаз обозначается как *od*, а левый глаз — *os*. Во время процедуры периметрии пациент рассматривает экран, на котором появляются световые точки разной интенсивности. Задача пациента — сигнализировать о восприятии каждой точки путем нажатия на специальную кнопку.

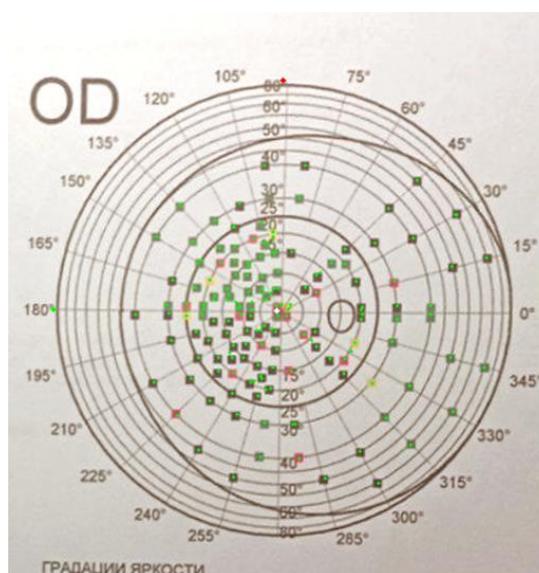
Таким образом, врач получает карту чувствительности зрительной системы и может оценить состояние периферического и центрального зрения.

Принцип проведения взгляда основан на взаимодействии глаза с проекционным светом, излучаемым диодом сзади. Фиксация на объекте может осуществляться с применением одной из двух техник. Первая — методика Хейджил-Кракау. Этот подход основан на определении положения слепого пятна путем случайной стимуляции одной из 11 точек, принадлежащих этой области. У здоровых людей также имеется слепое пятно, но его границы могут быть искажены различными заболеваниями глаз.

Каждый прибор содержит тестовые области с разным числом точек для определения поля зрения, которое отображается на картограмме. После обработки ряда снимков создается и направляется база данных. [Название базы данных: Dataset of the fields of view of the human eye.]. У каждого снимка имеются результаты компьютерной обработки каждого отдельного глаза, графиков насыщенности и табличной формы каждого снимка. При расширении датасета возможно создать прототип классификатора для определения диагноза пациента [Sajib Saha, Janardhan Vignarajan, 2014].

Для реализации задачи создания отечественного ПО рассмотрены следующие способы.

Методы обработки изображений, основанные на ИИ, которые использовались для анализа изображений сетчатки и выявления изменений, связанных с глаукомой. В настоящий момент алгоритмы машинного обучения, такие как случайные леса и градиентный бустинг, рассматриваются, но не могут использоваться для анализа данных периметрии и прогнозирования риска развития глаукомы у пациентов, как и нейронные сети, в виду небольшого датасета, что способствует недостаточному обучению и получению некачественных результатов.



**Рис. 1. Пример снимка-картограммы правого глаза (*od*) пациента с нарушениями зрения (график взят из сформированного датасета)**

Повышение точности диагностики. Использование ИИ позволяет улучшить точность диагностики глаукомы путем обнаружения и анализа более тонких и сложных паттернов в данных периметрии. Машинное обучение и нейронные сети могут выделить скрытые связи между различными факторами, что помогает врачу принять более обоснованные решения и предложить оптимальное лечение для пациента [Shaoqing He, 2018].

Рассматривая зависимость возникновения заболевания и возраста пациентов, можно увидеть, что в детском возрасте возникновение глаукомы в основном связано с анатомическими аномалиями развития угла передней камеры глаза.

В нашем исследовании рассматривался датасет среднего (от 30 до 60 лет) и пожилого (от 60 лет и старше) возраста.

Для среднего возраста характерна первичная открытоугольная глаукома, выражающаяся в постепенном повышении внутриглазного давления из-за нарушения оттока внутриглазной жидкости. В пожилом возрасте часто встречается закрытоугольная глаукома из-за анатомических особенностей глаза. Риск развития глаукомы значительно повышается после 70 лет.

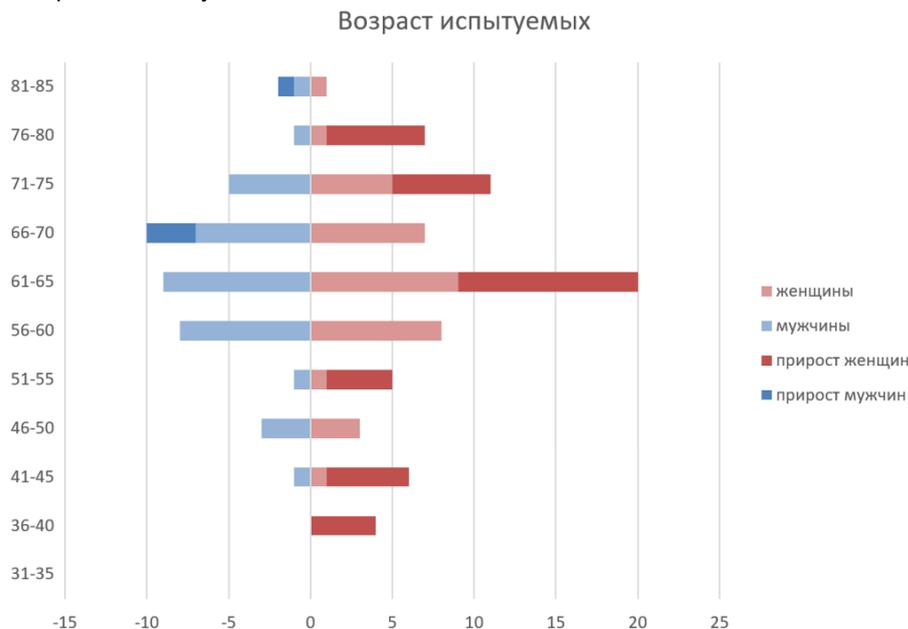


Рис. 2. Возрастные рамки пациентов, обследованных при помощи периметрии)

пациентов, проходивших обследование в полученном датасете, составляет 60 лет. Данные обусловлены тем, что по статистике развитие глаукомы начинается в 40–45 лет, при этом иногда обнаружить заболевание можно только в пожилом возрасте на более поздней стадии. Риск развития глаукомы увеличивается с возрастом и достигает 10% после 70 лет.

Рассматривая результаты обследования, на основе полученных диагнозов можно заключить, что наибольшее число пациентов страдают катарактой и глаукомой, а наименьшее — псевдофакией обоих глаз. Псевдофакия обозначает, что пациент теперь имеет искусственный хрусталик и не нуждается в натуральном хрусталике, который ранее терял прозрачность (рисунок 3). Каждому диагнозу присвоена условная цифра для лучшей визуализации выборки.

Из-за катаракты в глазах могут появляться мутные круги, а изображение может быть размытым или нечетким, как если бы человек смотрел сквозь запотевшую стеклянную линзу. В большинстве случаев это заболевание развивается постепенно из-за физиологических изменений в глазах, но иногда оно может возникнуть внезапно в детском возрасте. Зрение может ухудшиться настолько, что полностью пропадает способность человека видеть. Псевдофакия обусловлена отсутствием концентрации взгляда пациента на объектах и характерна для людей в пожилом возрасте.

На рисунке 2 можно увидеть, что самой распространенной группой пациентов являются женщины в возрасте от 61 до 65 лет. При этом самому молодому пациенту в выборке 36 лет.

На рисунке 2 видно, что большинство пациентов, проходивших обследование, были женщинами. Наибольшее число мужчин наблюдается в выборке от 66 до 70 лет. Здоровых пациентов в датасете нет.

На рисунке 2 видно, что самый большой возраст пациентов

Цифра диагноза

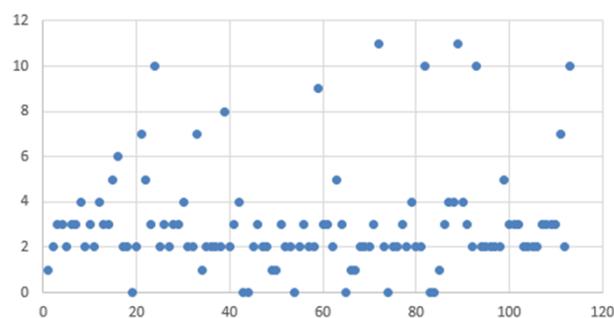


Рис. 3. Диагнозы пациентов на снимках-картограммах, полученные после обследования

Нарушение периферических границ поля зрения ведет к возникновению скотом, которые обозначаются на снимке разными цветами. Во время процедуры периметрии для возбуждения зрительного анализатора пациенту визуально подаются стимулы, которые он может не увидеть. Именно наличие или отсутствие восприятия стимулов ведут к образованию скотом. Наличие скотом и их количество говорит о степени развития глаукомы. При анализе изображений был создан график насыщенности и оттенка точек на снимке, так как цветопередача очень важна. На рисунках 4 и 5 представлен график цветопередачи точек на снимке, а также пример снимка в цифровом формате.

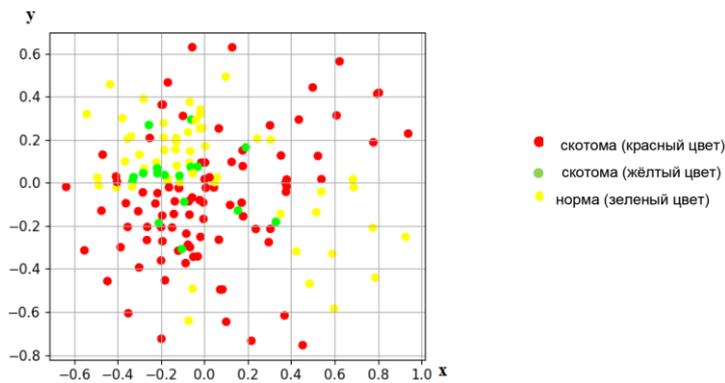


Рис. 4. Пример компьютерной обработки точек на снимке (по оси x оттенок, по оси y насыщенность, цифрами обозначены углы точек)

### Закключение

В современной ситуации отечественные базы данных и программное обеспечение играют важную роль в области офтальмологии в России. Поскольку глаукома является неизлечимым заболеванием, наличие баз данных помогает осуществлять контроль за его прогрессированием. В будущем исследования должны быть направлены на разработку более точных и надежных методов искусственного интеллекта, а также на интеграцию ИИ в клиническую практику, например, через создание программного обеспечения для автоматического анализа медицинских изображений. В контексте исследования глаукомы важно рассмотреть возможность обучения нейронных сетей на более обширном объеме данных, учитывая скотомы и нарушения границ поля зрения.

Необходимо решить задачу построения классификатора и дальнейшего обучения дополненного датасета. На данном этапе работы сформирована концепция анализа периметрических изображений. При пробном обучении нейронной сети сделан вывод о недостаточности набора данных и необходимости их дополнения. Планируется реализация и тестирование улучшенного датасета в нейронной сети YOLO. Обучение модели поможет определять патологии на снимках. Нейронная сеть YOLO изменяет исходное изображение, чтобы преобразовать его в квадратную матрицу размером 13 на 13 [Weinreb, 2014].

В каждой ячейке этой матрицы содержится информация о наличии объекта и его классе на соответствующей части изображения. Это позволяет провести анализ изображения один раз, значительно увеличивая скорость обработки. В контексте обследования дифференциальной световой чувствительности зрительного анализатора данное решение позволяет ускорить процесс получения результатов обследования, что в свою очередь может сократить время приема у офтальмолога. Поэтому следующим этапом работы является создание и обучение качественной модели для получения на выходе ответа, отражает ли данный снимок норму или нет.

Важным аспектом использования периметра и анализа снимков-картограмм является возможность проведения долгосрочного мониторинга пациентов. Это позволяет отслеживать динамику изменений состояния заболевания, оценивать эффективность лечения и корректировать терапию при необходимости. Благодаря этому врачи могут предотвращать осложнения, связанные с заболеванием, и повышать качество жизни пациентов.

### Благодарности

Данное исследование выполнено в рамках государственного задания в сфере научной деятельности Минобрнауки России на тему "Модели, методы и алгоритмы искусственного интеллекта в задачах экономики для анализа и стилизации и многомерных данных, прогнозирования временных рядов и проектирования рекомендательных систем, номер проекта FSSW-2023-0004.

### Литература

1. Сомов Э. Э. Клиническая анатомия органов зрения человека. – М. // МЕДпресс-информ, 2016. С.65 – 69.

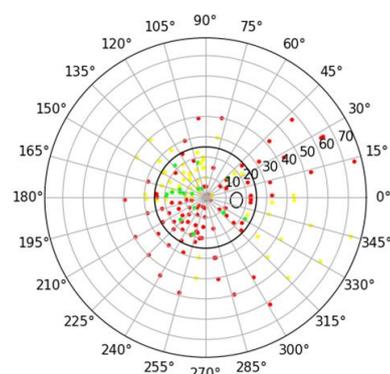


Рис. 5. Пример компьютерной визуализации снимка-картограммы правого глаза (od) пациента с нарушениями зрения

2. Симакова И. Л., Сухинин М. В. Сравнительный анализ эффективности некоторых методов компьютерной периметрии в диагностике глаукомы // «Глаукома: теория и практика»: сборник научных трудов конференции. 2012. № 7. С. 198 – 203.
3. Shaoqing He. Targets of Neuroprotection in Glaucoma // Journal of Ocular Pharmacology and Therapeutics. 2018. URL: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/jop.2017.0041> (data obrashcheniya 16.07.2024)
4. Sajib Saha, Janardhan Vignarajan. A fast and fully automated system for glaucoma detection using color fundus photographs // Scientific Reports Journal. 2023. URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-44473-0> (data obrashcheniya 16.07.2024)
5. Weinreb R. N. The pathophysiology and treatment of glaucoma: a review // JAMA Network. 2014. URL: <https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/1869215> (data obrashcheniya 16.07.2024)

#### Дополнительные источники

1. Федеральный институт промышленной собственности/ Государственная регистрация базы данных, охраняемой авторскими правами/ Название базы данных: Dataset of the fields of view of the human eye. URL: <https://new.fips.ru/publication-web/publications/document?type=doc&tab=PrEVM&id=BD921FB9-E43E-4D5B-B742-394D90246613> (дата обращения 01.08.2024)

#### References in Cyrillics

1. Somov E. E. Clinical anatomy of the human visual organs. – М. // MEDpress-inform, 2016. S.65 – 69.
2. Simakova, I. L., Sukhinin M.V. Comparative analysis of the effectiveness of some methods of computer perimetry in the diagnosis of glaucoma // "Glaucoma: theory and practice": collection of scientific papers of the conference. 2012. No. 7. S. 198 – 203.

#### Ключевые слова:

периметрия, слепое пятно, искусственный интеллект

*Медведева Анастасия Игоревна,  
научный сотрудник учебно-научной лаборатории искусственного интеллекта,  
нейротехнологий и бизнес-аналитики РЭУ им. Г.В. Плеханова  
ORCID: 0009-0008-7583-7565,  
[Medvedeva.AI@rea.ru](mailto:Medvedeva.AI@rea.ru)*

*Жуков Тимур Алекперович,  
лаборант-исследователь учебно-научной лаборатории искусственного интеллекта,  
нейротехнологий и бизнес - аналитики РЭУ им. Г.В. Плеханова  
ORCID: 0000-0002-0600-2037,  
[ZHukov.TA@rea.ru](mailto:ZHukov.TA@rea.ru)*

**Anastasia Medvedeva, Timur Zhukov, The use of artificial intelligence methods in analyzing the results of patient perimetry and diagnosis of glaucoma**

#### Keywords:

Glaucoma, perimetry, blind spot, artificial intelligence

DOI: 10.34706/DE-2024-04-08

JEL classification: C02 – C4 Эконометрические и статистические методы: специальные темы; C45 Нейронные сети и смежные темы

#### Abstract

Sensory activity of the brain is a necessary component of mental and physiological processes related to the perception of information and the occurrence of various diseases, including those related to the violation of peripheral boundaries of the visual field, retinal detachment, etc. with the eyes. This article considers the issue of creating a domestic analog of perimeter for ophthalmologic diagnostics of visual fields. Since glaucoma progresses without causing symptoms until the disease reaches the stage of severe nerve damage. To slow down the progression of the disease, early intervention and monitoring of the course of the disease is necessary. That is why we decided to study the possibility of using methods of graphical processing of perimetric images with further possibility of training a neural network.

УДК 339.35

## 1.9. Интеграция искусственного интеллекта в стратегии маркетинга

Барышков К.В., магистр финансового менеджмента,  
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации;  
Москва, Россия

*Интеграция искусственного интеллекта (ИИ) в стратегии маркетинга становится ключевым направлением для современных компаний, стремящихся улучшить свои конкурентные позиции и повысить операционную эффективность. В эпоху цифровой трансформации ИИ предоставляет мощные инструменты для автоматизации, аналитики и персонализации маркетинговых усилий. ИИ способен анализировать огромные массивы данных, выявляя закономерности и предсказывая потребительское поведение, что значительно улучшает качество принятия решений в маркетинге. Применение алгоритмов машинного обучения позволяет компаниям не только оптимизировать рекламные кампании, но и значительно улучшить взаимодействие с клиентами через автоматизированные системы, такие как чат-боты, которые могут предоставлять круглосуточную поддержку без привлечения человеческих ресурсов. Однако внедрение ИИ в маркетинг требует значительных ресурсов, включая качественные данные для обучения моделей и специализированные навыки для разработки и поддержки таких систем.*

### 1. Введение

Интеграция искусственного интеллекта в маркетинг и рекламу стала ключевой тенденцией современного технологического развития в бизнесе. Передовые технологии уже оказывают заметное влияние на трансформацию коммерческой деятельности. Использование ИИ значительно усиливает процессы анализа больших объемов данных, что позволяет принимать более обоснованные решения и поддерживать эффективное продвижение товаров и услуг. С помощью ИИ маркетологи могут быстро выявлять рыночные тенденции, оценивать успешность стратегий и определять менее результативные подходы [3].

### 2. Материалы и методы

Внедрение технологий искусственного интеллекта открывает широкие возможности для решения различных задач во всех областях. Автоматизация творческих процессов с помощью цифровых инструментов на базе ИИ позволяет создавать текстовые материалы разной сложности — от статей и сценариев до рекламных и маркетинговых текстов — и выполнять множество задач на основе машинного обучения.

Кроме того, ИИ может применяться для анализа и сегментации аудитории, что используется при получении данных для более точного нацеливания рекламы. Теперь это будет основано на прогнозировании реакции целевой аудитории на те или иные маркетинговые мероприятия и материалы, а также на разработке эффективных торговых стратегий благодаря алгоритмам, способным предугадывать предпочтения потребителей [8].

Решения, внедряемые в маркетинговые инструменты на основе ИИ, выходят за рамки простого общения через чат-боты и позволяют создавать качественный контент. Для успешного проведения маркетинговых кампаний важно, чтобы специалисты могли генерировать идеи, проводить тщательные исследования и предоставлять информацию, которая привлечет внимание клиентов и поможет выстроить долгосрочные отношения с ними. ИИ автоматизирует рутинные процессы, способствует более глубокому пониманию поведения аудитории и оптимизирует маркетинговые кампании, обеспечивая максимальную отдачу от инвестиций. Одним из ключевых преимуществ применения ИИ в маркетинге является возможность автоматизации исследовательских процессов [2].



Рис.1. Рынок искусственного интеллекта [5]

### 3. Технологии искусственного интеллекта в цифровом маркетинге

В арсенале ИИ есть функции распознавания речи и изображений, машинного обучения на основе нейронных сетей и семантического поиска, что даёт маркетологу мощные инструменты для глубокого и персонализированного взаимодействия с потребителем. Например, бренды, стратегически внедряющие ИИ в маркетинговые процессы, получают значительные преимущества перед конкурентами, в основном за счёт возможности адаптации контента маркетинговых коммуникаций к уникальным потребительским характеристикам.



Рис.2. Возможности ИИ [1].

Примерами использования ИИ в потребительских и коммерческих продуктах сегодня являются технологии Siri от Apple и DeepMind от Google, которые позволяют с помощью обработки естественного языка и глубокого обучения эффективно взаимодействовать с пользователями и анализировать их уникальные предпочтения. Например, использование инструмента DeepMind в процессе генерации необходимых изображений и улучшения результатов поиска пользователя позволит оптимизировать временные затраты и снизить энергопотребление до 40 % за счёт автоматизации некоторых процессов и замены ручного труда машинным, что говорит о важности ИИ для повышения производительности и эффективности бизнес-процессов.

Использование ИИ для автоматического поиска и обработки данных в маркетинговой аналитике существенно улучшает традиционные методы анализа, снижая затраты на упущенные возможности и повышая точность интерпретации данных. Это становится экономически выгодным и эффективным благодаря платформам, таким как Amazon AWS и Google Cloud Machine Learning Engine, которые применяют возможности ИИ и машинного обучения для бизнеса. Важное значение имеет более широкое использование технологий ИИ для оптимизации маркетинговых кампаний и персонализации взаимодействия с клиентами через социальные сети. При этом обогащается база данных для анализа ИИ при каждом взаимодействии пользователя с цифровым контентом.

Одним из ключевых преимуществ ИИ в маркетинге является возможность сегментировать и персонализировать контент с учетом предпочтений клиентов. Это позволяет создавать более точные и эффективные рекламные стратегии для каждого пользователя, координируя маркетинговые кампании на основе массивов данных, которые собирает ИИ.

Существенные изменения происходят и в сфере улучшения UX и взаимодействия с клиентами. ИИ ускоряет обработку больших объемов данных и помогает предоставлять качественное обслуживание в реальном времени, предлагая прогнозы и рекомендации, основанные на прошлых и текущих действиях пользователей. Чат-боты на основе ИИ и современные рекламные стратегии, такие как оплата за клик обладают значительным потенциалом для повышения эффективности взаимодействия с клиентами и более рационального использования маркетинговых бюджетов.

Предиктивная аналитика и генерация лидов с помощью ИИ открывают новые возможности для глубокого понимания и прогнозирования поведения потребителей, позволяя точнее и эффективнее разрабатывать маркетинговые стратегии. Автоматизация создания контента и технологии распознавания изображений на базе ИИ становятся ведущими направлениями цифрового маркетинга, развивая

креативность и способствуя вовлечению аудитории. В этих областях ИИ укрепляет свою роль как инструмента инноваций и персонализации в рамках стратегии цифрового маркетинга компании. [7,4].

#### 4. Преимущества и недостатки интеграции ИИ

Интеграция ИИ представляет собой лишь один из множества путей усиления эффективности маркетинговых кампаний. Постоянное следование за новыми технологическими тенденциями и методами является критически важным для поддержания конкурентного преимущества [6].

Внедрение искусственного интеллекта в маркетинговые стратегии компаний имеет двоякий характер, открывая множество перспектив и одновременно создавая определенные вызовы. Компании, начинающие использовать ИИ, сталкиваются с такими задачами, как обеспечение качества больших объемов данных для обучения ИИ и соблюдение постоянно меняющихся норм защиты конфиденциальности. Однако организации, успешно интегрировавшие ИИ в свои маркетинговые процессы, отмечают значительные преимущества использования этих технологий.

**Таблица 1. Преимущества и недостатки**

Преимущества	Недостатки
Быстрое и интеллектуальное принятие решений: с помощью алгоритмов машинного обучения маркетинговые команды, использующие ИИ, могут отслеживать эффективность своих действий в реальном времени и быстро вносить коррективы в стратегии. ИИ способен предоставлять аналитические данные и предлагать стратегии, которые по скорости и объёму обработки информации превосходят возможности человека	Обучение ИИ: Разработка и внедрение ИИ требуют значительных временных и ресурсных вложений для обучения на основе данных о предпочтениях клиентов.
Оптимизация возврата инвестиций: ИИ предоставляет инструменты для анализа эффективности маркетинговых кампаний и определения наиболее эффективных каналов распространения и размещения рекламы, максимизируя тем самым ROI.	Качество и точность данных: Эффективность ИИ прямо зависит от качества обучающих данных. Неточные или нерепрезентативные данные приводят к неэффективным и некачественным решениям.
Точность в измерении ключевых показателей успеха: Сложность анализа данных от цифровых кампаний облегчается панелями управления на основе ИИ, что позволяет связывать успех маркетинговых инициатив с применёнными стратегиями.	Соблюдение конфиденциальности: Использование личных данных клиентов подчинено строгим законодательным рамкам, нарушение которых может привести к значительным штрафам и репутационным потерям.
Усиление возможностей управления взаимоотношениями с клиентами: ИИ автоматизирует многие задачи CRM, снижая риск человеческих ошибок и обеспечивая более персонализированное общение с клиентами.	
Глубокий анализ данных о клиентах: ИИ обеспечивает прогнозную аналитику и позволяет обрабатывать большие массивы информации за короткое время, выявляя тенденции и паттерны, на основе которых можно строить маркетинговые стратегии.	

#### 5. Шаги по интеграции искусственного интеллекта в маркетинге

Первостепенная задача при внедрении заключается в определении целей использования ИИ в маркетинге. Это включает анализ прошлых кампаний для выявления успешных стратегий и определения тех аспектов, где ИИ может внести наибольший вклад в улучшение результатов. Согласование ожиданий между заинтересованными сторонами и установление конкретных KPI позволят оценить эффективность внедрения ИИ.

Для реализации ИИ-проектов важно привлечь специалистов, поскольку необходимые навыки в области ИИ и машинного обучения редко встречаются в традиционных маркетинговых командах. Компании могут выбирать между наймом таких специалистов и сотрудничеством с внешними поставщиками, что может потребовать дополнительных маркетинговых или капитальных вложений.

Особое внимание следует уделить вопросам конфиденциальности данных новых или потенциальных клиентов, которые используются в таргетированных маркетинговых кампаниях. Ключевым аспектом работы с ИИ является соблюдение требований по защите данных клиентов в соответствии с законодательством той страны, где проводится кампания. Необходимо разработать процедуры, которые обеспечат защиту личной информации при обучении ИИ, чтобы избежать юридических рисков и сохранить доверие клиентов.

Завершающий этап включает выбор ИИ-платформы, основываясь на поставленных целях, доступности квалифицированных кадров и наличии проверенной базы данных. Внимательный анализ потребностей и возможностей поможет подобрать инструмент, который максимально соответствует специфике и задачам вашей маркетинговой стратегии.

В итоге интеграция искусственного интеллекта в маркетинг представляет собой масштабную перестройку подходов к взаимодействию с аудиторией, а также методов и архитектуры работы с данными для компаний, планирующих использовать ИИ в своей повседневной деятельности. Благодаря разработкам в области машинного обучения, обработки естественного языка и прогнозной аналитики специалисты могут глубже понимать потребности и предпочтения своих потенциальных клиентов. [6].

## 6. Заключение

Стремительное внедрение технологий и разработок ИИ значительно повлияет на каналы сбыта, выбор товаров и услуг потребителями, а также на алгоритмы их поведения. Будущее бизнеса всё больше зависит от понимания особенностей и сходств между онлайн- и офлайн-средами и их взаимодействия с новыми технологиями. Достижения в области ИИ помогают потребителям делать более осознанный выбор, экономить время и ощущать больше уверенности и удовлетворения. Разработка и внедрение маркетинговых технологий на основе ИИ позволят компаниям не только эффективно взаимодействовать с целевой аудиторией и клиентами, но и стать их надёжными помощниками в цифровом пространстве.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта № 075-15-2024-525 от 23.04.2024

## Литература

1. Искусственный интеллект и Машинное обучение. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.corsys.ru/info/cs.nsf/70ba73118ada417fc32572fa003cbe3c/71494555f1688a82432585610060b80a> OpenDocument. — (дата обращения 08.04.2024).
2. Использование искусственного интеллекта в маркетинге. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://developers.sber.ru/help/gigachat-api/marketing> — (дата обращения 08.04.2024).
3. Мельникова С. В. Использование искусственного интеллекта в маркетинге и рекламе // Молодой ученый. 2023. № 27 (474). С. 165-167.
4. Состояние ИИ в маркетинге влияния и возможности. [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://www.websoftshop.ru/information/articles/marketing\\_strategy/artificial\\_intelligence\\_for\\_marketing](https://www.websoftshop.ru/information/articles/marketing_strategy/artificial_intelligence_for_marketing) — (дата обращения 08.04.2024).
5. Цифра превращается в проблему. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/199913067> — (дата обращения 08.04.2024).
6. AI in Marketing Strategy: Integrating Artificial Intelligence into Overall Business Plans. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.intellspot.com/ai-in-marketing-strategy> — (дата обращения 08.04.2024).
7. How to Integrate AI into Your Content Marketing Strategy. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://picture.ai/blog/ai-marketing-strategy-integration?el=0142&htrafficsource=pictureblog&hcategory=video> — (дата обращения 08.04.2024).
8. What is logistics in the automotive industry? [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.business2community.com/ru/marketing/ii-v-marketinge> — (дата обращения 08.04.2024).

## References in Cyrillics

1. Mel'nikova S. V. Ispol'zovanie iskusstvennogo intellekta v marketinge i reklame // Molodoy uchenyy. 2023. № 27 (474). S. 165.

*Барышков Кирилл Васильевич, магистр финансового менеджмента,  
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации;*

*ORCID: 0009-0004-7396-6065  
k.baryshkov@gmail.com*

## Ключевые слова

искусственный интеллект, ИИ, стратегии маркетинга, маркетинг, современные технологии, цифровизация.

*Kirill Baryshkov, Integrating artificial intelligence into marketing strategies*

## Keywords

artificial intelligence, AI, marketing strategies, marketing, modern technologies, digitalization.

DOI: 10.34706/DE-2024-04-09

JEL classification: M00

## Abstract

The integration of artificial intelligence (AI) into marketing strategies is becoming a key focus for modern companies looking to improve their competitive position and increase operational efficiency. In the era of digital transformation, AI provides powerful tools to automate, analyze, and personalize marketing efforts. AI can analyze huge amounts of data, identifying patterns and predicting consumer behavior, which significantly improves the quality of decision-making in marketing. The use of machine learning algorithms allows companies not only to optimize advertising campaigns, but also to significantly improve customer interaction through automated systems such as chatbots, which can provide round-the-clock support without involving human resources. However, the implementation of AI in marketing requires significant resources, including high-quality data for training models and specialized skills for the development and support of such systems.

УДК: 657, 658, 65.011.56 ,65.02, 65.03

## 1.10. Цифровые платформы как инструмент реализации бартерных сделок в условиях ужесточения экономических санкций

Торжевский К.А., с.н.с. ЦЭМИ РАН, Москва

*В статье рассматриваются возможности использования цифровых платформ в бартерной торговле. Исследуется роль бартера на современном этапе в условиях ужесточения экономических санкций и торговых войн на примере цифровой платформы, получившей патент в бюро США и Японии на перемещение ценностей с помощью технологии распределенного реестра (блокчейн) и являющейся интеллектуальной собственностью ее создателя.*

### Введение

Бартерные сделки являются одной из старейших форм торговли, предполагающей обмен товарами или услугами напрямую без использования денег. Хотя в современной экономике бартер в значительной степени вытеснен денежными операциями, он по-прежнему играет важную роль в определенных регионах и секторах, особенно когда страны сталкиваются с нехваткой валюты, санкциями, глобальными финансовыми кризисами или стремятся обойти риски и волатильность мировых финансовых рынков. В глобализированной экономике международная торговля сырьевыми товарами является ключевой областью, где бартерные сделки все еще играют значительную роль. Страны, богатые природными ресурсами, но сталкивающиеся с проблемами, связанными с валютой, могут напрямую обменивать углеводороды, другие полезные ископаемые, а также сельскохозяйственную продукцию, минуя необходимость проведения валютных операций, избегая проблем, связанных с нестабильностью валютных рынков. Однако традиционные бартерные отношения сопряжены с рядом проблем, включая вопросы доверия между партнерами и прозрачности сделок, а также обеспечения эквивалентности при расчетах.

Именно поэтому цифровые платформы (ЦП) становятся в этой сфере революционным инструментом, обеспечивающим процессы международной торговли.

Используя цифровые технологии блокчейн и смарт-контрактов, ЦП предлагают бизнесу особую цифровую структуру, которая упрощает и модернизирует процессы движения международного капитала.

### Степень изученности проблемы

Возможности и перспективы применения ЦП в международной торговле, также как и особенности реализации бартера в современных условиях ужесточения внешнеэкономических санкций, являются недостаточно изученными, что делает исследование этих проблем актуальным и значимым. Особенно важным в стратегическом отношении решение этих проблем на данном историческом периоде является для России, поскольку ее изоляция от стран коллективного Запада и их санкционное давление будут иметь долговременный характер. К числу стран, испытывающих долговременное санкционное давление, относятся Иран, КНДР, Сирия, Белоруссия и др., для которых решение указанных проблем является также востребованным.

Вопросы применения бартерных сделок достаточно хорошо представлены в отечественной и зарубежной научной литературе. Значительный пласт исследований посвящен применению бартера в российских условиях переходной экономики (90-е годы прошлого века). Роль бартера как феномена переходной экономики в условиях системы массовых неплатежей предприятий рассмотрена в цикле пионерных работ В.Л. Макарова и Г.Б. Клейнера [Макаров, Клейнер, 1966; 1997; 1999; Клейнер, 2023].

Влияние бартера на деятельность российских предприятий на базе эмпирических исследований рассмотрено в работах А.Е. Варшавского (2000); С.П. Аукционера; (2000), А.К. Ляско, А.А. Афанасьева и др. авторов [Варшавский, 2020; Аукционер; 2000; Ляско, 2000; Афанасьев, 2000;].

Относительно меньшая часть работ приходится на современный период, характеризующийся цифровой трансформацией российской экономики, обострением международной обстановки, санкциями и необходимостью достижения экономического и технологического суверенитета. Так, в статье Е.В. Порезановой рассмотрена специфика микро и макроограничений, обусловленных санкциями по отношению к России (Порезанова Е.В., 2010). В работе В.В. Гонта и А.А. Просянкиной исследована особенность бартерных сделок в цифровом пространстве на примере ЦП «Росбартер» [Гонт, Просянкина, 2023].

Далее в работе анализируется потенциал и перспективы использования ЦП для международной бартерной торговли на примере запатентованной технологии Veritaseum<sup>1,2</sup>

#### Особенности.

Технология запатентована в 2021 г. Заявка на патенты подана в 2014 г. Её базовыми компонентами являются технологии блокчейн, смарт-контрактов и процедур одноранговых пиринговых транзакций. (peer-to-peer, P2P).

По заявке создателей, данная ЦП представляет собой программное обеспечение, позволяющее пользователям избавиться от брокеров, финансовых советников, банков, бирж и других посредников, присутствующих на финансовых рынках. По сути, это инструмент и программное обеспечение для сделок P2P. За внутренний токен (VERI) пользователи могут приобрести права доступа к смарт-контрактам, которые позволяют работать с различными услугами, предоставляемыми ЦП. Функциональный диапазон услуг очень широк и варьируется от платежной системы до финансового анализа, исследований, а главное – токенизации самых различных по своей природе активов<sup>3</sup>.

Особенности структуры взаимодействия пользователей представлена на рис. 1.

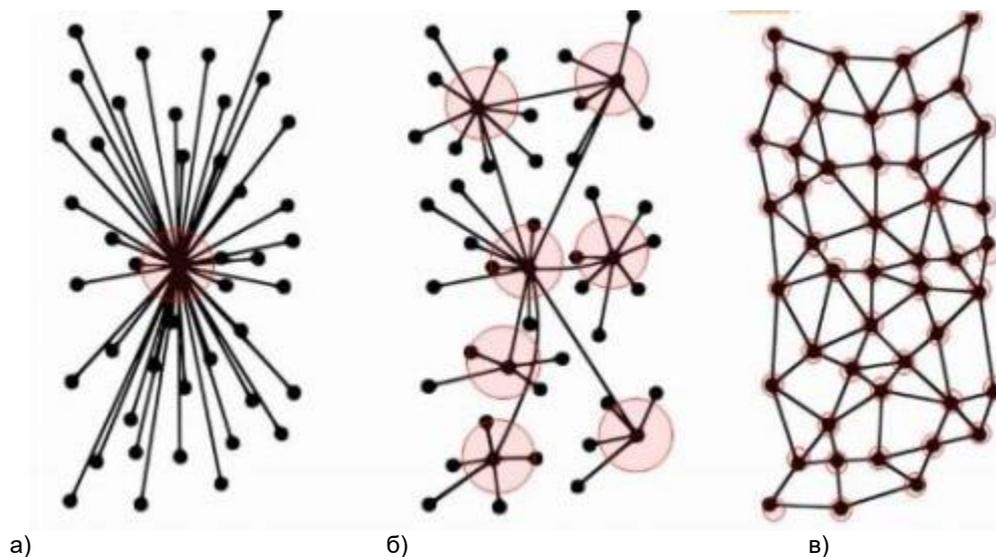


Рисунок 1. Сетевые структуры взаимосвязей пользователей в различных системах:  
а) централизованные системы; б) блокчейн; в) одноранговая пиринговая сеть.

Пользователь может совершать операции со множеством видов токенизированных активов. Это децентрализованная и автономная ЦП, которая функционирует подобно инвестиционному фонду и полностью исключает вмешательство извне.

Далее рассмотрены более детально особенности функционирования основных компонентов ЦП.

#### 1) Блокчейн и смарт-контракты.

ЦП работает на блокчейн Ethereum, который поддерживает смарт-контракты. Смарт-контракты – это самоисполняющиеся соглашения, условия которых непосредственно записаны в коде. Эти контракты автоматически исполняются при выполнении заранее определенных условий, их нельзя изменить после развертывания в блокчейн.

Смарт-контракты заменяют необходимость в посредниках, выступая в роли цифровых агентов условного депонирования, которые гарантируют выполнение обеими сторонами своих обязательств по транзакции. Это имеет решающее значение в финансовых операциях, особенно на сложных рынках, таких как сырьевые товары, активы или ценные бумаги.

Например, если две страны хотят торговать нефтью или золотом, смарт-контракты гарантируют, что обмен произойдет только в том случае, если будет соблюдено согласование перечня необходимых

<sup>1</sup> В 2013 году, перед ребрендингом название проекта было UltraCoin. Veritaseum была первой компанией, которая разработала концепцию и создала приложение на рынке капитала для технологии распределенного реестра, полученные патенты: US11196566B2, US11895246B2, JP6813477B2, JP7204231B2, JP7533974B2 - URL: <https://veritas.veritaseum.com/>

<sup>2</sup> Описание, технические особенности - URL: <https://veritas.veritaseum.com/index.php/28-introducing-the-veritaseum-rental-facility-early-beta>

<sup>3</sup> Токенизация активов - URL: <https://veritas.veritaseum.com/vetokenization-platform>

условий обоими участниками сделки (цена, доставка, количество товара). Если какая-либо из сторон не выполняет свои обязательства, смарт-контракт гарантирует, что сделка не состоится, что снижает риски мошеннических действий.

#### 2) Одноранговые (P2P) транзакции.

ЦП обеспечивает прямые P2P-транзакции; пользователи могут взаимодействовать друг с другом напрямую, без участия третьих сторон, таких как банки, клиринговые палаты или брокеры. Это позволяет двум организациям (частным лицам, компаниям или даже странам) вести переговоры и выполнять финансовые транзакции независимо. Это, по сути, демократизирует доступ к финансовым рынкам. Через процесс токенизации активов участникам сделки предоставляются традиционные активы, (недвижимость, товары или ценные бумаги). Этими токенизированными активами затем можно безопасно и прозрачно торговать непосредственно на ЦП.

#### 3) Прозрачность и безопасность.

Бартерным сделкам может не хватать прозрачности, особенно если эти сделки проводятся между странами с разными экономическими системами в условиях конфликта различных интересов или в рамках нестандартизированных отношений. Блокчейн-регистр гарантирует, что после регистрации сделки ее нельзя изменить или скрыть, что повышает подотчетность проведенной операции. Для правительств или корпораций, участвующих в этих сделках, блокчейн-регистр также может служить контрольным журналом, доказывающим соблюдение международных торговых правил.

Более того, децентрализованный характер блокчейн добавляет дополнительный уровень безопасности ЦП. Традиционные централизованные системы уязвимы для взлома, мошенничества или политического вмешательства. Децентрализованная платформа на блокчейн устраняет эти риски, гарантируя, что ни одна организация не будет контролировать процесс транзакции.

#### 4) Использование в бартерной торговле.

Хотя технологии блокчейн и смарт-контрактов универсальны и могут применяться на любых финансовых и нефинансовых рынках, одним из наиболее интересных вариантов их использования является международная бартерная торговля. Применяя смарт-контракты для обмена товарами между странами в рамках ЦП, можно создать надежную автоматизированную среду для прямой бартерной торговли товарами на базе цифровых технологий.

Так, страны, обменивающиеся такими товарами, как нефть, пшеница или полезные ископаемые, могут использовать ЦП для согласования условий и выполнения транзакций с использованием смарт-контрактов, не беспокоясь о колебании валютных курсов, репутации посредников и возможном мошенничестве. При этом контракты могут быть формализованы таким образом, чтобы автоматически реализовываться при выполнении определенных условий по поставке оговоренного количества товаров или сырья, что исключает возможность конфликтов и снижает риски транзакций.

#### 5) Обход санкций и финансовых ограничений.

Важным направлением ЦП является также возможность их использования для обхода санкций и финансовых ограничений. Страны, находящиеся под экономическими санкциями (Иран, Венесуэла, Северная Корея и др.), уже давно рассматривают бартерную торговлю как способ обойти традиционные финансовые системы и продолжить торговлю такими сырьевыми товарами, как нефть, сельскохозяйственная продукция и полезные ископаемые. Так, в недалеком прошлом Иран прибегал к бартерным соглашениям с Индией, обменивая нефть на товары первой необходимости, главным образом рис и лекарства. Традиционные банковские и финансовые системы были и остаются недоступными для Ирана из-за санкций, что сделало такие бартерные соглашения способом поддержания международной торговли. Венесуэла аналогичным образом использовала бартерный обмен с Кубой и другими странами Латинской Америки для торговли нефтью в обмен на медикаменты или сельскохозяйственную продукцию.

Многие страны Африки и Азии зачастую прибегают к бартерной торговле, чтобы обойти проблемы, связанные со слабыми финансовыми системами, волатильностью валют или нехваткой иностранных резервов. Так, государства Западной Африки, обладающие богатыми природными ресурсами, (например, Гана и Нигерия), используют способы прямого обмена своей нефти или полезных ископаемых на готовую продукцию других стран - машины или технологии, не полагаясь на иностранную валюту.

Таким образом, для стран, богатых ресурсами, которые сталкиваются с экономическими санкциями или ограничениями по доступности к глобальным финансовым рынкам, или для тех, кто хочет смягчить риски колебаний валютных курсов, бартерная торговля становится жизнеспособной альтернативой. ЦП, которые обходят традиционную банковскую инфраструктуру, предлагают этим странам возможность участвовать в торговле, не будучи зависимыми от глобальных финансовых институтов или сети SWIFT<sup>4</sup>.

<sup>4</sup>«Исключение из SWIFT — это окончательное невоенное оружие, которое может быть использовано против России, а наша запатентованная технология — вероятный выход со стороны России.» – создатель ЦП - URL: <https://x.com/ReggieMiddleton/status/1496831016585080847>

При этом использование ЦП с участием технологии блокчейн существенно повышает конфиденциальность и устраняет влияние санкций на торговлю. Более того, по мере того как технологии блокчейн и смарт-контрактов продолжают развиваться, мы станем свидетелями роста более децентрализованных форм глобальной торговли, где посредники больше не нужны, и страны могут торговать на своих собственных условиях, регулируемых кодексом, а не центральными властями. Вместо того, чтобы полагаться на ручные, непрозрачные бартерные соглашения, страны будут использовать смарт-контракты для автоматизации и обеспечения соблюдения торговых соглашений обеими сторонами.

6) Опыт применения других ЦП и технологии блокчейн на товарных рынках.

На текущий момент имеется успешный опыт применения технологии блокчейн и ЦП некоторыми товарными биржами. Значительная часть товарных бирж пока еще изучают возможности своего перехода к использованию этой технологии в своей деятельности. Таким образом, сфера применения ЦП в торговле расширяется, что является заметным трендом биржевой торговли.

Всемирная торговая организация (ВТО) отметила в своих отчетах за 2020 г., что технология блокчейн может повысить прозрачность, снизить транзакционные издержки и повысить эффективность торговли сырьевыми товарами, особенно нефтью, газом и полезными ископаемыми<sup>5</sup>.

К числу успешных примеров принадлежит использование цифровых технологий в биржевой торговле ЦП Vakt, которая основана на технологии блокчейн. Она специализируется на торговле сырой нефтью и была запущена такими энергетическими компаниями, как Shell и Equinor. Цель создания ЦП заключалась в оптимизации и автоматизации постторговой обработки сделок с нефтью, обеспечивая при этом прозрачные и эффективные процессы расчетов. Хотя платформа Vakt фокусируется лишь на торговле одним сырьевым товаром – нефтью, ее деятельность доказывает, что блокчейн может улучшить деятельность и других товарных бирж. Другим успешным примером является взаимодействие Сингапурской международной торговой палаты (ICC) и Perlin Network, которые сотрудничают в области торгового финансирования и цифровых бартерных систем на основе блокчейн. Эти инициативы направлены на то, чтобы сделать торговое финансирование доступным для предприятий на развивающихся рынках за счет использования блокчейна для более прозрачных и эффективных транзакций. Хотя эти примеры сосредоточены на торговом финансировании, они иллюстрируют, как технология на основе блокчейн может применяться для обеспечения бесперебойного, безопасного и автоматизированного трансграничного обмена, во многом аналогично тому, как технология Veritaseum может применяться для товарного бартера.

В настоящее время в России большое внимание уделяется организации торговли с использованием ЦП. Так, их особую роль с применением бартера в реализации параллельного импорта отметил глава РСПП А.Н. Шохин<sup>6</sup>.

Аналитические обзоры, посвященные проблемам международной торговли, свидетельствуют о том, что российский бизнес все чаще использует ЦП для проведения бартерных сделок<sup>7</sup>. К числу успешно функционирующих ЦП относится «Росбартер» [Гонт В.В., Просянкина А.А., 2023].

Проблемы бартерной торговли с применением ЦП обсуждались на Форуме стран БРИКС. Среди стран АТР лидером международных услуг цифровой бартерной торговли является Китай. В объеме бартерных сделок КНР существенную долю занимает торговля с Россией<sup>8</sup>.

#### **Интеллектуальная собственность и глобальный конфликт интересов.**

Реджинальд Миддлтон, создатель платформы, в 2014 г. подал заявку на пакет патентов на свои оригинальные технологии. Эти патенты касались P2P-транзакций на основе блокчейн, технологии смарт-контрактов и децентрализованных финансовых рынков. Это произошло задолго до того, как термин «DeFi» стал широко известен в мире криптовалют. Опережающая подача этих заявок на патенты имела большую значимость: это случилось существенно раньше, чем бизнес-сообщество и рынок в целом стали признавать потенциал децентрализованных финансов. Пакет патентов охватывал практически всю сферу одноранговых транзакций активов через смарт-контракты на блокчейн без посредников и являлся в этом смысле фундаментальным. Сейчас он имеет более 130 цитирований от более поздних заявок от Nasdaq, Wells Fargo, Bank of America, Ripple, Coinbase и других заинтересованных участников. Расширение круга заинтересованных компаний неизбежно привело к конфликту интересов. Еще до того, как заявки на интеллектуальную собственность были одобрены в 2021г. патентными бюро США и Японии, вокруг ЦП развернулись острейшие дискуссии, судебные разбирательства и манипуляции со стороны влиятельных организаций.

<sup>5</sup> Доклад о мировой торговле 2020 (ВТО) - URL: <https://roscongress.org/materials/doklad-o-mirovoy-torgovle-2020/>

<sup>6</sup> Александр Шохин: нужно создавать цифровые платформы для поиска взаимных выходов на рынки стран АТР - URL: <https://rspp.ru/events/news/aleksandr-shokhin-nuzhno-sozdavat-tsifrovye-platformy-dlya-poiska-vzaimnykh-vykhodov-na-rynki-stran-atr-6316d793d13f9/>

<sup>7</sup> Бизнес стал использовать платформы-агрегаторы для бартерных сделок (vedomosti.ru) - URL: <https://www.vedomosti.ru/finance/articles/2023/10/06/999100-biznes-stal-ispolzovat-platformi-agregatori-dlya-barternih-sdelok>

<sup>8</sup> Бартерная торговля России и Китая - URL: <https://tenchat.ru/media/2526898-barternaya-torgovlya-rossii-i-kitaya>

Так, Американская Комиссия по Ценным Бумагам (SEC) обвинила Р. Миддлтона в мошенничестве и продаже нелегальных ценных бумаг. Вмешательство SEC не только затормозило на 7 лет процесс получения патентов, но также сорвало сотрудничество с фондовыми биржами Канады в Торонто, а также Ямайки и Нигерии, с которыми шли переговоры об использовании данной ЦП и был подписан меморандум о намерениях.

Другой пример. Биржа Coinbase дважды пыталась оспорить патент в американском патентном бюро и оба раза потерпела фиаско. Вопрос интеллектуальной собственности далеко не праздный. Блокчейн часто сравнивают с интернетом (web3), с развитием и распространением которого возникли и нынешние гиганты Microsoft, Google, Apple, предложившие инфраструктурные решения, определившие сеть такой, какая она есть сейчас.

#### Выводы.

1. Роль бартерных сделок в международной торговле существенно возрастает в эпоху глубоких трансформаций, финансовых кризисов и дефолтов, а также в периоды ужесточения экономических санкций и торговых войн.
2. Бартерная торговля является достаточно эффективным способом смягчения макроэкономических ограничений в области международной торговли, что актуально для России в современных условиях долговременных внешнеэкономических санкций со стороны стран коллективного Запада.
3. Цифровые платформы, основанные на технологиях блокчейн и смарт-контрактах, приобретают все большую значимость при осуществлении современных межграницных транзакций, о чем свидетельствует успешный опыт их функционирования.
4. Цифровая платформа Veritaseum, функционально ориентированная в том числе на бартерную торговлю, может рассматриваться как «запасной выход» в ситуации критических финансовых и санкционных рисков и является жизнеспособной альтернативой, занимающей соответствующее место в формировании стратегии внешнеэкономических взаимосвязей.

#### Литература

1. Афанасьев А.А. (2000) О натуральном товарообмене, причинах его возникновения и существования, а также способах устранения. устранения // ЭНСР. 2000. №3-4. С. 35-51.
2. Аукционек С.П. Модель бартерного производства // Вопросы экономики. - 2000, № 9. С. 48-64.
3. Варшавский А. Неплатежи и бартер как проявление системных трансформаций // Вопросы экономики. - 2000. №6. С. 89-101.
4. Гонт В.В., Просянкина А.А. (2023) Бартерные сделки в цифровом пространстве // Материалы XV Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» - URL: <https://scienceforum.ru/2023/article/2018034808> (дата обращения: 05.11.2024).
5. Клейнер Г.Б. (2023) Экономика неплатежей: 30 лет спустя // Вопросы экономики. 2023 № 9. С 138-154. - URL: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2023-9-138-154> (дата обращения: 05.11.2024).
6. Ляско А.К. (2000а) Особенности бартерных обменов в переходной экономике // Вопросы экономики. - 2000, № 6. С. 48-64.
7. Макаров В. Л., Клейнер Г.Б. (1996) Бартер в российской экономике: особенности и тенденции переходного периода - Москва: ЦЭМИ РАН, 1996. - 37 с.; (Препринт. Рос. акад. наук, Центр. экон.-мат. ин-т; WP/96/006).
8. Макаров В. Л., Клейнер Г.Б. (1997) Бартер в экономике переходного периода: особенности и тенденции // Экономика и математические методы (ЭММ), 1997. Т. 33 Вып. 2.
9. Макаров В. Л., Клейнер Г.Б. (1999) Бартер в России: институциональный этап // Вопросы экономики. - 1999, № 4. С. 79-101.
10. Порезанова Е. В. (2010) Специфика микро и макроограничений в трансформируемой экономике // Изв. Саратов. ун-та. Сер. Экономика. Управление. Право. 2010. №1. С 7-14.

#### References in Cyrillics

1. Afanas'ev A.A. (2000) O natural'nom tovaroobmene, prichinax ego vzniknoveniya i sushhestvovaniya, a takzhe sposobax ustraneniya. ustraneniya // E`NSR. 2000. №3-4. S. 35-51.
2. Aukcionek S.P. Model' barternogo proizvodstva // Voprosy`e`konomiki. - 2000, № 9. S. 48-64.
3. Varshavskij A. Neplatezhi i barter kak proyavlenie sistemny`x transformacij // Voprosy`e`kono-miki. - 2000. №6. S. 89-101.
4. Gont V.V., Prosyankina A.A. (2023) Barterny`e sdelki v cifrovom prostranstve // Materialy` XV Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchnoj konferencii «Studencheskij nauchny`j forum» - URL: <https://scienceforum.ru/2023/article/2018034808> (data obrashheniya: 05.11.2024).
5. Klejner G.B. (2023) E`konomika neplatezhej: 30 let spustya // Voprosy`e`konomiki. 2023 № 9. S 138-154. - URL: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2023-9-138-154> (data obrashheniya: 05.11.2024).

6. Lyasko A.K. (2000a) Osobennosti barterny`x obmenov v perexodnoj e`konomike // Voprosy` e`konomi-ki. - 2000, № 6. S. 48-64.
7. Makarov V. L., Klejner G.B. (1996) Barter v rossijskoj e`konomike: osobennosti i tendencii perexodno-go perioda - Moskva: Cze`MI RAN, 1996. - 37 s.; (Preprint. Ros. akad. nauk, Centr. e`kon.-mat. in-t; WP/96/006).
8. Makarov V. L., Klejner G.B. (1997) Barter v e`konomike perexodnogo perioda: osobennosti i tendencii // E`konomika i matematicheskie metody` (E`MM), 1997. T. 33 Vy`p. 2.
9. Makarov V. L., Klejner G.B. (1999) Barter v Rossii: institucional`ny`j e`tap // Voprosy` e`ko-nomiki. - 1999, № 4. S. 79-101.
10. Porezanova E. V. (2010) Specifika mikro i makroogranichenij v transformiruemoj e`kono-mike // Izv. Sarat. un-ta. Ser. E`konomika. Upravlenie. Pravo. 2010. №1. S 7-14.

*Торжевский Кирилл Анатольевич, к.э.н., с.н.с. ЦЭМИ РАН 03.12.2024, 17:12,  
neurotoxin231@gmail.com  
ORCID: 0009-0002-0830-0633*

**Ключевые слова**

Бартерная сделка, цифровая платформа, экономические санкции, конфликт интересов.

***Kirill Torzhevsky. Digital platforms as a tool for the implementation of barter transactions in the context of tightening economic sanctions.***

**Keywords**

Information and communication technologies, costs, region, model, regression, zero debt, high-tech companies.

DOI: 10.34706/DE-2024-04-10

JEL classification - Торговля: прогноз и моделирование, F40 - Макроэкономические аспекты международной торговли

**Abstract**

The article discusses the possibilities of using digital platforms in barter trading. The role of barter at the present stage in the context of tightening economic sanctions and trade wars is being investigated. As an example, Veritaserum digital platform is given, which is a potentially disruptive technology, disintermediating banks, lawyers, stock and commodity exchanges, any centralized authorities.

УДК: 332.133

## 1.11. Влияние общемировой ситуации на рынок строительных услуг и материалов Москвы и Московской области на примере пандемии COVID-19

Ратман Л.П., аспирант ГАУГИН, г. Москва, Россия

*В статье рассмотрено влияние общемировой ситуации на рынок строительных услуг и материалов в Москве и Московской области на примере кризиса, вызванного пандемией Covid-19. С использованием статистики и сравнительного анализа проанализировано, как в разные периоды пандемии изменялся спрос на строительство домов, какие технологии строительства были в приоритете и как исходя из спроса изменялись предложение и цены. Рассмотрена взаимная корреляция цен на пиломатериалы и газосиликатные блоки в ситуации, когда отрасль находилась под внешним давлением. Выявлены факторы, влияющие на стоимость строительных материалов и работ, предложены способы нивелирования рисков для строительных организаций при работе в кризисной ситуации.*

### Введение

В настоящее время человечество сталкивается с новыми глобальными вызовами, к которым относится и пандемия Covid-19, оказавшая огромное влияние на все сферы общественной жизни. Для финансовых рынков, бизнеса, общества пандемия Covid-19 закономерно стала не просто неожиданностью, а «неожиданностью неожиданного типа» [1]. Строительная индустрия не стала исключением. Рынок строительных услуг и материалов Москвы и Московской области подвергся значительным изменениям под влиянием ситуации, обусловленной пандемией [2]. Москва и область рассмотрены автором в качестве примера в связи с ведущей ролью в стране и способностью максимально быстро и чутко реагировать на происходящие в мире изменения.

После объявления локдауна многие строительные компании были вынуждены приостановить работу из-за ограничений и карантинных мер, введенных правительствами многих стран, что привело к сокращению предложения строительных товаров на рынке, а следовательно, к росту цен.

На примере статистики и сравнительного анализа рынка строительных услуг и материалов рассмотрим, как в разные периоды пандемии Covid -19 изменялся спрос на строительство домов, какие технологии строительства были в приоритете и как исходя из спроса изменялись предложение и цены. Например, уже в период первого локдауна многие поняли, что лучше проводить его в загородном доме, а не в городской квартире. В связи с этим возрос интерес к загородной недвижимости, резко повысился спрос на участки и строительство домов, а также на готовые дома.

Трудно не согласиться с утверждением Аркадия Апумчика, автора статьи «Фактор вируса», что эффект пандемии может быть самым неожиданным, а именно – взрывной рост малоэтажной застройки [5].

Вскоре после начала пандемии была отмечена нехватка строительных материалов, так как производители не успевали покрывать потребности покупателей. Похожая ситуация наблюдалась и на рынке строительных услуг. Строительные компании получали огромное количество заявок, которые не успевали обработать. Разумеется, спрос вырос на самые популярные и качественные варианты домов, а именно: постройки из газосиликатных блоков и каркасные дома. Значительное превышение спроса над предложением привело к росту цен, который в первую очередь коснулся наиболее востребованных строительных материалов, таких как газосиликатные блоки, арматура, пиломатериалы, утеплители, металлочерепица и др.,. Одна из основных причин этого роста – снижение производства по причине закрытия некоторых предприятий или сокращения их деятельности.

Рассмотрим взаимную корреляцию цен на пиломатериалы и газосиликатные блоки в ситуации, когда отрасль находилась под внешним давлением.

Колебания цен на строительные материалы в течение 2020 г. приведены в таблице.

**Таблица. Стоимость строительных материалов на рынках Москвы и Московской области в 2020 г.**

Вид материала	2020 г.		
	Январь	Апрель	Сентябрь
Доска обрезная строительная, руб/м <sup>3</sup>	7000	8000	20000
Газоблоки «Bonolit», руб/м <sup>3</sup>	3500	5500	7500

Как видно из таблицы, в январе 2020 г., перед началом пандемии, оптовые цены на материалы для строительства стен были следующими:

- доска обрезная строительная – 7000 руб/м<sup>3</sup>;
- газоблоки «Bonolit» – 3500 руб/м<sup>3</sup>.

Последующее изменение цен на эти материалы наиболее ярко характеризует процессы, происходящие на рынке в указанный период.

К апрелю 2020 г. стоимость газосиликатных блоков резко возросла – до 5500 руб/м<sup>3</sup>, так как дома из них привлекли внимание заказчиков. При этом цены на остальные материалы сохранили темпы умеренного сезонного роста, например доска обрезная строительная стоила 8000 руб/м<sup>3</sup>.

Как видно, газоблоки резко подорожали на фоне повышения спроса на дома из данного материала. В то же время в период локдауна общий спрос на строительные услуги оставался невысоким [4], поэтому цены за работу не подверглись серьезным изменениям.

Когда локдаун закончился и производство работ было разрешено, спрос на материалы достиг такого уровня, что заводы перестали справляться с объемами и начали принимать заказы с ожиданием в два месяца. Более того, один из крупнейших мировых производителей блоков «Ютонг» из-за нехватки мощностей перестал выдавать даже заказанный и оплаченный материал. Реакция рынка на ситуацию с домами из газосиликатных блоков вынудила многих сделать выбор в пользу деревянных домостроений, и к сентябрю 2020 г. доска подорожала в 2,5 раза – до 20 тыс. руб/м<sup>3</sup>. Стоимость газоблоков в сентябре составила 7500 руб/м<sup>3</sup>.

Впоследствии наблюдалось снижение цен на доску обрезную до 13 тыс. руб/м<sup>3</sup>, в то время как цены на блок выросли до 11500 руб/м<sup>3</sup>, а затем снизились до 4000 руб/м<sup>3</sup>.

Таким образом, на стоимость строительных материалов влияют не только переменные и постоянные издержки. В намного большей степени она зависит от спроса и ожиданий покупателей, которые значительно подвержены влиянию факторов, сложившихся в мире и стране.

Но в любой, даже самой сложной экономической ситуации на рынке есть компании, чья прибыль растет. В данном случае важно понять, как с помощью оптимизации и цифровизации маркетинговой деятельности компании извлечь пользу из создавшего кризисного положения. Поскольку успех строительной компании, как и любой другой коммерческой структуры, во многом зависит от соответствия предложения спросу клиентов, важно иметь гибкий инструмент позволяющий анализировать ситуацию на рынке малоэтажного строительства «здесь и сейчас», а не впоследствии, когда она уже поменялась, полученные данные устарели и не имеют ценности. Мы рассматриваем рынок именно в кризисных условиях и в период потрясений, вызванных пандемией, так как на примере сложившейся ситуации видно, как изменялись спрос на малоэтажные домостроения и предложение строительных компаний и как подавляющее большинство их не успевало за ожиданиями потенциального покупателя.

В целях оптимизации маркетинговой стратегии прибегнем к онлайн-анализу запросов в поисковых системах по нашей тематике и в ходе обработки полученных данных выявим наиболее популярные виды домостроений у целевой аудитории в определенный момент времени. В первую очередь следует провести исследование цифровых запросов населения в поисковых системах. Это позволит прогнозировать, что будет наиболее популярно в строительстве через одну-две недели, на что стоит обратить внимание. Предлагаю не только анализировать запросы и ожидания людей, с использованием существующих сервисов, таких как Wordstat, в ручном режиме, но и рассмотреть создание более удобного аналитического программного продукта, настроенного на решение конкретных задач отдельной компании.

Наличие подобного инструмента позволит не только оптимизировать предложения под наиболее популярные запросы целевой аудитории, но и избежать ошибок в маркетинговой деятельности, связанных с человеческим фактором, включая ценообразование, дизайн, выбор материалов для строительства домов, площадок для размещения рекламы в сети.

Можно привести следующий пример: дизайнер создает рекламный сайт для строительной компании и размещает на нём актуальные, по его мнению, проекты, похожие на те, что он разместил на сайте другой компании год назад. В то время они отлично продавались, однако ситуация могла измениться и теперь клиенты ищут совершенно другого, но бюджет израсходован и никаких дивидендов данная рекламная кампания не принесет. Изучая запросы целевой аудитории в данный момент, можно избежать подобных ошибок.

Маркетологи в торговле ищут баланс между традиционными активностями и применением современных цифровых инструментов. Успешный путь – максимально приблизиться к своим покупателям, адаптироваться под их индивидуальные потребности, влияя на клиентский опыт в реальном времени. Используя продвинутую аналитику и дизайн-мышление в процессе изучения клиента, можно не только получить максимум знаний о желаниях покупателя, но и стать компанией, способной создавать персонализированные продукты и услуги по запросу [6].

В нашем случае возможно анализировать спрос на строительство домов, проводить мониторинг изменения приоритетов целевой аудитории, чтобы вовремя реагировать и предлагать именно то, что люди хотят получить, и по той цене, которую они готовы заплатить.

Благодаря созданию системы комплексного анализа запросов на строительство домов компания, в маркетинговой деятельности которой проведены подобные мероприятия, получит уникальную возможность первой реагировать на ожидания рынка и запросы целевой аудитории.

Пандемия Covid-19 значительно повлияла на мировую экономику, в частности, на строительную отрасль. В период локдауна на всех мировых рынках, включая рынки строительных материалов, отмечались значительные колебания. Если говорить о рынке строительных услуг в целом, то, несомненно, ухудшение экономической ситуации, финансовая нестабильность и геополитические факторы вызвали значительный рост стоимости стройматериалов. Волатильность фондовых рынков и колебания курсов валют могли отразиться на динамике цен. Изменение цен на газоблоки и пиломатериалы также зависело от перечисленных факторов, включая закрытие предприятий, потребительский спрос и ожидания, изменение стоимости сырья.

В настоящее время ситуация на строительном рынке стабилизировалась, но цены уже никогда не вернутся к «доковидным» показателям.

#### Литература

1. Мовчан А. Экономика военного времени. Как пандемия 2020 года изменит мир. [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.forbes.ru/biznes/395899-ekonomika-voennogo-vremeni-kak-pandemiya-2020-goda-izmenit-mir> (дата обращения: 28.11.2025).
2. Бадушева В.Д., Палагин А.А. Развитие отрасли строительства под влиянием COVID 19// Вестник Академии знаний № 39(4). – 2020. – С. 82-84. [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-otrasli-stroitelstva-pod-vliyaniem-covid-19/viewer> (дата обращения: 20.01.2024).
3. Строительная отрасль в период пандемии: обзор делового климата от экспертов ВШЭ. [Электронный ресурс]. – URL: <https://erzrf.ru/publikacii/stroitel'naya-otrasl-v-period-pandemii-obzor-delovogo-klimata-ot-ekspertov-vshe?ysclid=ltd2yv6rh1182259395> (дата обращения: 20.01.2024).
4. Как менялся строительный рынок на фоне пандемии// Строительная газета – [Электронный ресурс]. – URL: <https://stroygaz-ru.turbopages.org/turbo/stroygaz.ru/s/expert/construction/kak-menyalsya-stroitelnyy-rynok-na-fone-pandemii/> (дата обращения: 20.01.2024).
5. Фактор вируса. [Электронный ресурс]. – URL: <https://zsr.ru/blogpost/52/faktor-virusa> (дата обращения: 25.11.2024).
6. Хашимова Д. П. Использование инструментов цифрового маркетинга для повышения эффективности торговых операций // «Экономика и социум», №4(95). – 2022. – [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.iupr.ru/files/ugd/b06fdc\\_331a6276689f4029b6acf35e697b79cf.pdf?index=true](https://www.iupr.ru/files/ugd/b06fdc_331a6276689f4029b6acf35e697b79cf.pdf?index=true)

#### Дополнительные источники

1. Паспорт национального проекта «Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 04.06.2019 № 7 [Электронный ресурс]. – URL: [https://d-russia.ru/wp-content/uploads/2019/02/pasport\\_natsprogrammy\\_ifr\\_ekonomika\\_oficialno.pdf](https://d-russia.ru/wp-content/uploads/2019/02/pasport_natsprogrammy_ifr_ekonomika_oficialno.pdf)
2. Индикаторы цифровой экономики: 2021: стат. сб. / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневецкий, Л.М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т И60 «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2021. – 380 с. – 300 экз. – ISBN 978-5-7598-2385-8 (в обл.)
3. Индикаторы цифровой экономики: 2024: стат. сб. / В.Л. Абашкин, Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневецкий, Л.М. Гохберг и др.; И60 Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. – 276 с. – 350 экз. – ISBN 978-5-7598-3008-5 (в обл.)

#### References in Cyrillics

1. Movchan A. E`konomika voennogo vremeni. Kak pandemiya 2020 goda izmenit mir. [E`lektronny`j resurs]. – URL: <https://www.forbes.ru/biznes/395899-ekonomika-voennogo-vremeni-kak-pandemiya-2020-goda-izmenit-mir> (data obrashheniya: 28.11.2025).
2. Badusheva V.D., Palagin A.A. Razvitie otrasli stroitel`stva pod vliyaniem COVID 19// Vestnik Akademii znaniy № 39(4). – 2020. – S. 82-84. [E`lektronny`j resurs]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-otrasli-stroitelstva-pod-vliyaniem-covid-19/viewer> (data obrashheniya: 20.01.2024).
3. Stroitel`naya otrasl` v period pandemii: obzor delovogo klimata ot e`kspertov VShE`. [E`lektronny`j resurs]. – URL: <https://erzrf.ru/publikacii/stroitel'naya-otrasl-v-period-pandemii-obzor-delovogo-klimata-ot-ekspertov-vshe?ysclid=ltd2yv6rh1182259395> (data obrashheniya: 20.01.2024).
4. Kak menyalsya stroitel`ny`j ry`nok na fone pandemii// Stroitel`naya gazeta – [E`lektronny`j resurs]. – URL: <https://stroygaz-ru.turbopages.org/turbo/stroygaz.ru/s/expert/construction/kak-menyalsya-stroitelnyy-rynok-na-fone-pandemii/> (data obrashheniya: 20.01.2024).
5. Faktor virusa. [E`lektronny`j resurs]. – URL: <https://zsr.ru/blogpost/52/faktor-virusa> (data obrashheniya: 25.11.2024).

6. Xashimova D. P. Ispol'zovanie instrumentov cifrovogo marketinga dlya povu'sheniya e'ffektivnosti torgovy'x operacij // «E'konomika i socium», №4(95). – 2022. – [E'lektronny'j re-surs]. – URL: [https://www.iupr.ru/files/ugd/b06fdc\\_331a6276689f4029b6acf35e697b79cf.pdf?index=true](https://www.iupr.ru/files/ugd/b06fdc_331a6276689f4029b6acf35e697b79cf.pdf?index=true)

**Ключевые слова**

Рынок строительных услуг, пандемия Covid-19, строительные материалы, цены, цифровизация маркетинговой деятельности, оптимизация деятельности строительной компании.

*Ратман Леонид Панаётович, аспирант,  
ФГБОУ ВО ГАУГН  
(leonidrat@yandex.ru)  
ORCID: 0000-0003-2878-6255*

***Leonid Ratman. The impact of the global situation on the market of construction services and materials in Moscow and the Moscow region on the example of the COVID-19 pandemic***

**Keywords**

Construction services market, Covid-19 pandemic, building materials, prices, digitalization of marketing activities, optimization of construction company activities.

DOI: 10.34706/DE-2024-04-11

JEL classification C8 Методология сбора и оценки данных;

**Abstract**

The article examines the impact of the global situation on the market of construction services and materials in Moscow and the Moscow region on the example of the crisis caused by the Covid-19 pandemic. Using the example of statistics and comparative analysis, it is analyzed how the demand for house construction changed in different periods of the pandemic, which construction technologies were in priority and how supply and prices changed based on demand. The mutual correlation of prices for lumber and silicate blocks in a situation when the industry was under external pressure is considered. The factors influencing the cost of construction materials and works are identified, and methods for leveling risks for construction organizations when working in a crisis situation are proposed.

УДК: 339. 92

## 1.12. Цифровизация экономики как элемент технологического суверенитета РФ

Жагловская А. В., Клещина М. Г., Морозов С. Н.  
НИТУ «МИСиС» г. Москва

**Аннотация:** в настоящей статье рассматриваются вопросы технологического суверенитета России и цифровизации экономики нашей страны, представлены результаты исследования по оценке потенциала российского рынка цифрового радиорелейного оборудования и оптических мультимплексоров, необходимых для операторов связи в процессе цифровизации.

В феврале 2024 года Президент Российской Федерации В.В. Путин (далее по тексту – Президент) в своем Послании Федеральному Собранию (далее по тексту – Послание) отметил, что «в современных условиях повышение эффективности всех сфер производительности труда неразрывно связано с цифровизацией, с использованием технологий искусственного интеллекта...»<sup>1</sup>. В понимании Президента «такие решения дают возможность создавать цифровые платформы, которые позволяют оптимально построить взаимодействие граждан, бизнеса и государства между собой»<sup>2</sup>.

Необходимо отметить, что «цифровизация – это важное направление развития экономики страны и ее регионов, которое может стать фактором развития отраслей экономики и трансформации их во флагманские отрасли либо послужить платформой для создания принципиально новых отраслей. Эффективность достигается за счет внедрения цифровых технологий во все сферы экономики и повышения технологического уровня производства». [Бутенко Е.Д., 2022] «Цифровизация – это процесс внедрения электронных или коммуникационных технологий в различные сферы жизни или некоторые базовые процессы. Ее целью служит повышение качества, доступности, эффективности и автономности этих самых сфер и процессов. Ускоренное развитие процесса информатизации привело к возникновению цифровой экономики. Цифровая экономика стимулирует экономический рост, повышает производительность труда, снижает операционные издержки, способствует выходу на глобальные рынки». [Дудин Е.Н., Азимов П.Х., 2023]

Развитие цифровизации в стране тесно связано с ее экономической основой и может рассматриваться как цикл. Когда мы говорим о развитии, нам представляется вектор движения: от старого к новому, из прошлого в будущее, от простых форм к сложным. Если использовать такой подход применительно к цифровому развитию, то у такого движения всегда есть исходная точка и цель, которую следует достичь. Важно понимать ключевые аспекты циклов цифрового и экономического развития, которые должны подкрепляться нормативно-правовой базой страны. [Еловская М.А., 2022]

В XXI веке цифровые технологии распространили свое влияние на многие аспекты жизни: в социальной сфере, экономике, предпринимательстве, государственном управлении и в городском хозяйстве. Многие авторы научных статей отмечают, что современный этап развития человечества характеризуют «использование современных бесконтактных платежей, систем управления отношениями с клиентами (CRM), различные online-сервисы, развитие программного обеспечения в сфере образования, использование искусственного интеллекта в различных сферах жизни. Все это малая часть внедрения IT-технологий в жизнь человека. Внедрение информационных технологий в экономической сфере способствовало улучшению качества жизни, развитию новых гаджетов, валют, технологий, повышению эффективности работы сотрудников финансовых организаций, улучшению качества и скорости обработки новой информации, и все это вызвало значительный интерес к исследованию и дальнейшему использованию цифровой экономики». [Голубева Т.В., 2024]

В своем Послании Президент также отмечал, что «проекты технологического суверенитета должны стать мотором обновления нашей промышленности, помочь всей экономике выйти на передовой уровень эффективности и конкурентоспособности»<sup>3</sup>. Президентом было предложено «поставить здесь цель: доля отечественных высокотехнологичных товаров и услуг на внутреннем рынке за предстоящие шесть лет должна увеличиться в полтора раза, а объем несырьевого, неэнергетического экспорта – не менее чем на две трети»<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Послание Президента Федеральному Собранию от 29.02.2024 (электронный ресурс: <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/copy/73585> (дата обращения – 26.03.2024)).

<sup>2</sup>Там же.

<sup>3</sup>Там же.

<sup>4</sup>Послание Президента Федеральному Собранию от 29.02.2024 (электронный ресурс: <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/copy/73585> (дата обращения – 26.03.2024)).

Постановка указанной цели обусловлена тем, что в результате эскалации санкционного давления со стороны «недружественных» стран Россия столкнулась с рядом проблем в области технологического развития. Ограничение доступа к критическим технологиям и запреты на сотрудничество с передовыми компаниями существенно затруднили инновационный рост российской экономики. Помимо вышеуказанных факторов, Российская Федерация сталкивается с рядом дополнительных проблем, которые оказали отрицательное воздействие на ситуацию. [Силиник Е.С., 2023]

По мнению некоторых авторов научных исследований, «среди существующих ключевых угроз формирования национальной технологической безопасности можно выделить следующие:

1. Исторически ориентированная на сырьевую модель экономики и, как следствие, ее недостаточная адаптивная способность к резким изменениям во внешней среде.

2. Ограничения доступа к современным технологиям и исключение из цепочек производственной кооперации в результате санкционной политики.

3. Несоответствие потребностям реальной экономики уровня подготовки специалистов образовательной системой России при постоянном оттоке высококвалифицированных специалистов за рубеж («утечка мозгов»).

4. Закрытие внешних рынков капитала (недостаточность источников финансирования основного капитала в реальном секторе).

5. Высокая доля участия государства в экономике и, как следствие, концентрация на проблематике крупнейшего и крупного бизнеса в ущерб малому и среднему предпринимательству (имеющему наибольшую адаптивность в условиях турбулентной внешней среды)». [Петров М.Н., Филиппов Я.С., 2023]

Необходимо отметить, что «термин «суверенитет» с момента своего формирования поддавался серьезным трансформациям в силу различных обстоятельств, которые на разных этапах мировой истории приводили мыслителей к размышлениям и поискам истины относительно этого вопроса. Таким образом, на современном этапе, воплощая в себе идеи предыдущих столетий, суверенитет ассоциируется с неприкосновенностью государства в его внешних делах и верховенством государственной власти во внутренних». [Михеева В.А., 2019]

Идея цифрового суверенитета появилась в рамках политических, институциональных и научных дебатов на международном, национальном и общеевропейском уровнях. Несмотря на множество высококачественных научных работ по этому вопросу, до сих пор не достигнуто согласие относительно данной концепции, ее масштаба и значения, сущности и даже ее взаимоотношений с физическим суверенитетом. Действительно, цифровой суверенитет провозглашается как на уровне государств, так и на уровне Евросоюза, который не обладает свойством суверенности. [Роблес-Каррильо М., 2023]

Существует мнение, что «суверенитет имеет особенности проявления в состоянии, в котором этот атрибут необходим в единстве политического содержания, состоящий в возможности высшей государственной власти самостоятельно создавать и осуществлять свою волю или юридическую форму, то есть свойства суверенитета закрепления в структуре правовой системы и компетенции государственных органов». [Аксенов И.С., 2018]

В геополитических обстоятельствах, в которых оказалась Российская Федерация в 2022 году, руководством страны был принят стратегический курс по выводу страны на траекторию технологической независимости – достижению технологического суверенитета [Силиник Е.С., 2023]

В мае 2023 года Правительством Российской Федерации была утверждена Концепция технологического развития до 2030 года (далее – Концепция), в которой определяются вызовы, принципы и цели технологического развития нашей страны на период до 2030 года.

Согласно Концепции, «технологический суверенитет» представляет собой «наличие в стране (под национальным контролем) критических и сквозных технологических линий разработки и условий производства продукции на их основе, обеспечивающих устойчивую возможность государства и общества достигать собственные национальные цели развития реализовывать национальные интересы. Технологический суверенитет обеспечивается в двух основных формах – исследования, разработки и внедрение критических и сквозных технологий (по установленному перечню) и производство высокотехнологичной продукции, основанного на указанных технологиях. Технологический суверенитет обеспечивается, в том числе с опорой на устойчивое международное научно-техническое сотрудничество с дружественными странами»<sup>1</sup>.

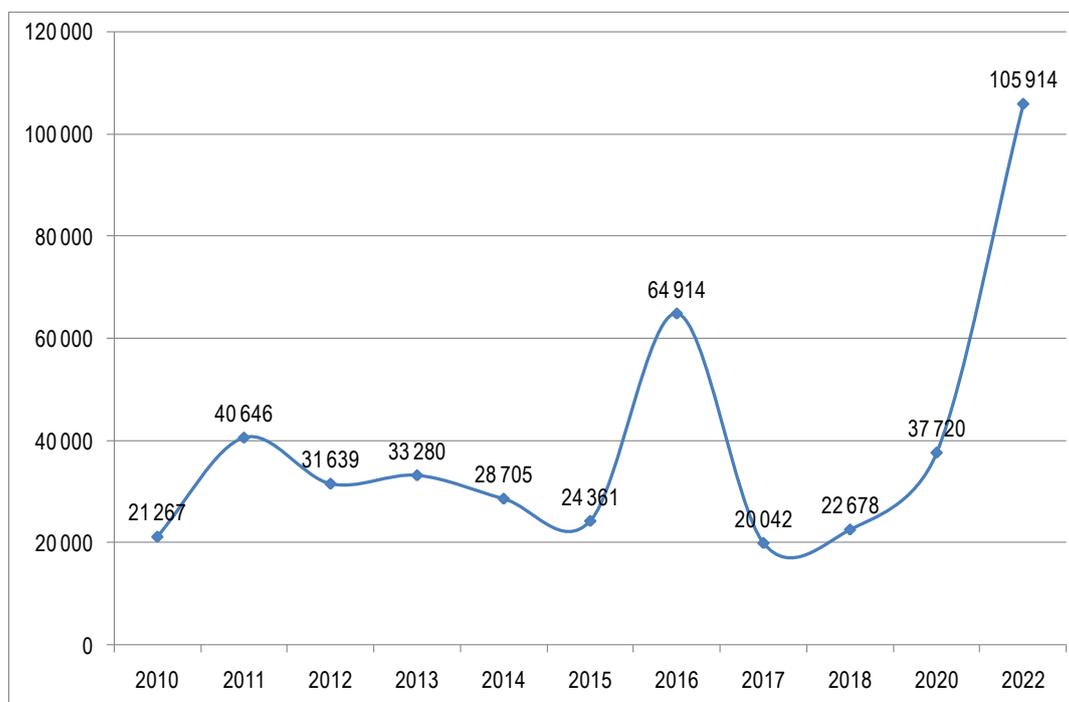
Начиная с 2010 года, Росстатом России ведется статистический учет по данным годовой формы федерального статистического наблюдения № 4-инновация «Сведения об инновационной деятельности организации». Посредством этой формы формируются различные сводные показатели, среди которых можно назвать следующие:

<sup>1</sup>Распоряжение Правительства РФ от 20.05.2023 № 1315-п «Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 года». [Электронный ресурс]. - <http://government.ru/docs/48570/> (дата обращения: 26.04.2024).

- инновационная активность организаций (удельный вес организаций, осуществлявших технологические, организационные, маркетинговые инновации, в общем числе обследованных организаций) по Российской Федерации, по видам экономической деятельности;
- уровень инновационной активности организаций, по Российской Федерации, по видам экономической деятельности;
- удельный вес организаций, осуществляющих технологические инновации в отчетном году, в общем числе обследованных организаций по Российской Федерации, по видам экономической деятельности;
- объем инновационных товаров, работ, услуг по Российской Федерации, по видам экономической деятельности;
- количество приобретенных организациями новых технологий (технических достижений), программных средств в целом по Российской Федерации.

За недолгое время цифровая трансформация стала востребованным инструментом создания функционирования бизнеса, способствующей достижению устойчивого развития компании в условиях неопределенности, в реализации современных подходов к формированию новых качеств компании и ее соответствию тенденции постоянного ускорения научно-технологического прогресса. Стоит отметить, что за последние годы тема цифровой трансформации становится все более актуальной и для большинства российских компаний. [Протасова А.Д. и др., 2023]

В рамках исследования цифровизации рассмотрим показатели объемов приобретенных организациями новых технологий (технических достижений), программных средств в целом по Российской Федерации. На рис. 1 приведена динамика количества приобретенных организациями новых технологий (технических достижений), программных средств в целом по Российской Федерации. График рис. 1 построен на основе данных Росстата<sup>1</sup>.



**Рис. 1. Динамика количества приобретенных организациями новых технологий (технических достижений), программных средств в целом по Российской Федерации (ед.)**

Как видно из представленных на рис. 1 данных, за период 2010-2022 гг. количество приобретенных новых технологий увеличилось практически в 5 раз (с 21 267 ед. в 2010 году до 105 914 ед. в 2022 году). Если осуществить расчет накопительным итогом, то количество закупленных новых технологий (технических достижений), программных средств за рассматриваемый период составит 431,2 тыс. ед.

В табл. 1 и на рис. 2 графически представлена структура объема приобретений в 2022 году в разрезе отраслей экономики. Для компактности и наглядности диаграммы (рис. 2) отрасли пронумерованы, нумерация приведена в графе 4 табл. 1.

<sup>1</sup>Росстат. Инновации. [Электронный ресурс]. - <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (дата обращения: 26.04.2024).

Таблица 1. Количество приобретенных организациями новых технологий (технических достижений), программных средств в целом по Российской Федерации в 2022 году (ед.)

Наименование отрасли	Кол-во, ед.	Доля, в %% к итогу	№ на диаграмме
1	2	3	4
сельское хозяйство	313	0,30%	1
промышленное производство	49 669	46,90%	2
строительство	3 116	2,94%	3
транспортировка и хранение	5 266	4,97%	4
деятельность издательская	206	0,19%	5
деятельность в сфере телекоммуникаций	243	0,23%	6
разработка компьютерного программного обеспечения, консультационные услуги в данной области и другие сопутствующие услуги	4 389	4,14%	7
деятельность в области информационных технологий	14 652	13,83%	8
деятельность в области права и бухгалтерского учета	1 036	0,98%	9
деятельность головных офисов; консультирование по вопросам управления	685	0,65%	10
деятельность в области архитектуры и инженерно-технического проектирования; технических испытаний, исследований и анализа	2 690	2,54%	11
научные исследования и разработки	16 851	15,91%	12
деятельность рекламная и исследование конъюнктуры рынка	107	0,10%	13
деятельность профессиональная научная и техническая прочая	320	0,30%	14
деятельность в области здравоохранения	6 371	6,02%	15
<b>ИТОГО</b>	<b>105 914</b>	<b>100,00%</b>	

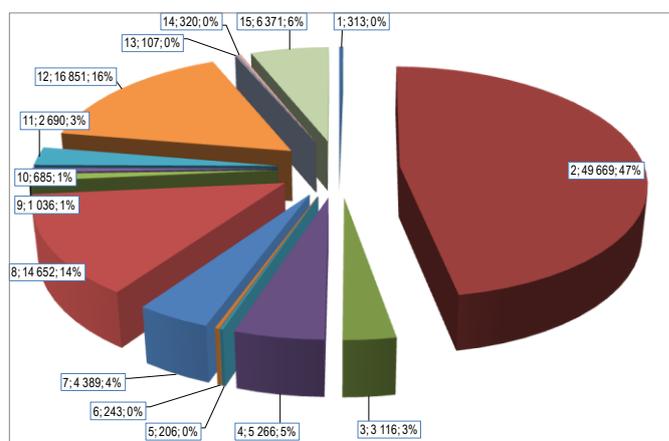


Рис. 2. Структура объема приобретенных организациями новых технологий (технических достижений), программных средств в целом по Российской Федерации в 2022 году (ед., %%)

Как видно из представленных в табл. 1 и на рис. 2 данных, наибольшая доля количества приобретенных новых технологий (технических достижений), программных средств в 2022 году принадлежит отрасли «промышленное производство» (46,9 %, 49,7 тыс. ед.), значительные доли принадлежат отраслям «научные исследования и разработки» и «деятельность в области информационных технологий» – 15,91 % и 13,83 %, со-

ответственно. Наименьшая доля 0,1 % у отрасли «деятельность рекламная и исследование конъюнктуры рынка».

Необходимо отметить, что доля отрасли «промышленное производство» (46,9 %) не всегда была такой высокой: в 2010-2011 гг. доля составляла 59,0 % и 58,2 %, в 2016 году доля составила лишь 12,5 % от общего количества приобретенных организациями новых технологий (технических достижений), программных средств.

В Послании Президента было озвучено, что «в целом необходимо развивать всю инфраструктуру экономики данных»<sup>1</sup>. Президентом была высказана просьба к «Правительству предложить конкретные меры поддержки компаний и стартапов, которые производят оборудование для хранения и обработки данных, а также создают программное обеспечение. Нужно, чтобы темпы роста инвестиций в отечественные IT-решения как минимум вдвое превышали темпы роста экономики. Условия для использования цифровых систем должны быть не только в мегаполисах, но и в малых городах, в сельских

<sup>1</sup>Послание Президента Федеральному Собранию от 29.02.2024 (электронный ресурс: <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/copy/73585> (дата обращения – 26.03.2024)).

территориях и в отдаленных районах, вдоль федеральных и региональных трасс, местных дорог. Для этого уже в горизонте текущего десятилетия нужно обеспечить доступ к высокоскоростному интернету практически на всей территории России. Решим эту задачу в том числе и за счет кратного наращивания нашей спутниковой группировки, направим на ее развитие 116 миллиардов рублей»<sup>1</sup>.

Компания «Пилот Телеком» реализует инвестиционный проект по созданию отечественного производства цифрового радиорелейного оборудования и оптического оборудования для оптических транспортных сетей по технологии итальянской компании SIAE, которая передается по лицензионному договору.

Целевым рынком для компании «Пилот Телеком» являются два сегмента оптических транспортных телекоммуникационных сетей операторов связи и технологических сетей:

- 1) оборудования цифровых радиорелейных станций (далее по тексту – ЦРПС)
- 2) оптических мультиплексоров (далее по тексту – ОМ).

Период начала СВО и последующий уход с российского рынка глобальных вендоров-поставщиков оборудования для оптических транспортных сетей стал переломным для рынка такого оборудования. Эти события прервали длившийся несколько предыдущих лет уверенный рост сегмента ОМ и обрушили сегмент ЦРПС, который и до этого демонстрировал достаточно скромные темпы роста.

Суммарный объем рынка ЦРПС и ОМ в 2022 году составил 25,75 млрд рублей, что на 20% ниже суммарного объема рынка в 2021 году (рис. 3). Снижение объемов в сегментах составило:

1) сегмент ЦРПС обвалился с 3,7 млрд рублей до приблизительно 275 млн. рублей, т.е. более чем в 10 раз,

- 2) сегмент ОМ сократился с 28 до 25 млрд рублей, или на 10,7 %.<sup>2</sup>

В натуральном выражении динамика целевого рынка выглядела следующим образом (см. рис. 3):

- 1) в сегменте ЦРПС продажи упали на порядок – с 1 609 до 104 пролетов,

2) в сегменте OTN/DWDM сократились на 34 % с 10769 до 7123 усредненных линейных портов (УЛП).<sup>3</sup>

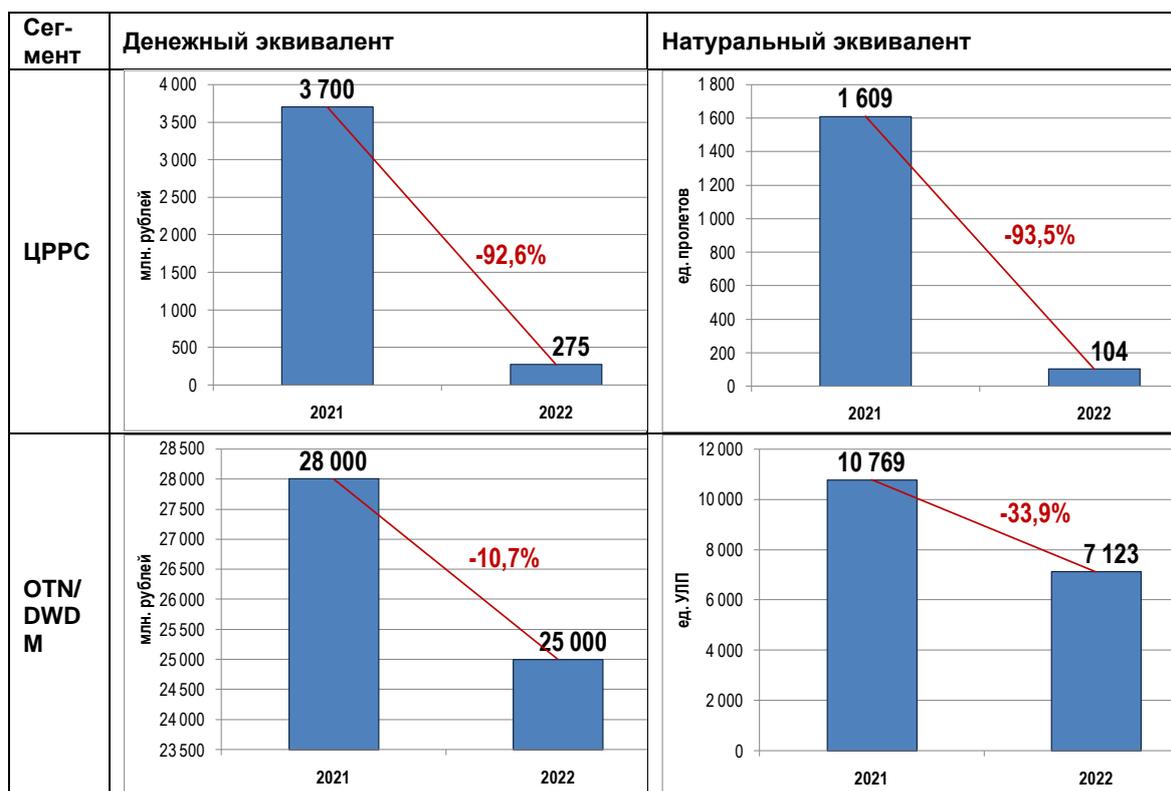


Рис. 3. Изменение ключевых показателей в сегментах ЦРПС и ОМ<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Там же.

<sup>2</sup>Аналитическая записка «Оценка потенциала российского рынка цифрового радиорелейного оборудования и оптических мультиплексоров для транспортных телекоммуникационных сетей операторов связи и технологических сетей для выхода нового игрока», iKS-Consulting, Февраль-апрель 2023, - 11 с.

<sup>3</sup>Там же.

<sup>4</sup>Там же.

Российские производители пока не могут заполнить освободившиеся ниши по ряду причин, главной из которых была неспособность выполнить крупные заказы. Особо острая ситуация сложилась в сегменте ЦРПС, где после 24.02.22 образовался острый дефицит, в первую очередь – на оборудование с пропускной способностью свыше 1 Гбит/с.

Чтобы сгладить негативные последствия ухода технологических лидеров на государственном уровне был отменен запрет на «серый» (параллельный) импорт. Однако, по предварительным расчетам, параллельный импорт сможет заместить не более 20 % официальных поставок. Он в основном сведется к поставкам оборудования и запчастей в существующие сети для увеличения мощности и поддержания работоспособности уже установленного оборудования. Основная причина – значительно возросшая стоимость такого оборудования, продолжительные сроки поставок.

Начиная с 2022 года, на российском рынке оборудования радиорелейных станций (далее по тексту – РРС) и ОМ для оптических транспортных сетей сложилась уникальная ситуация. Потребность в оборудовании для оптических транспортных сетей осталась на прежнем уровне. Обеспечить существующую потребность в оборудовании РРС и ОМ посредством доступных каналов и поставок очень сложно. В ближайшие 5-7 лет потенциальные потребности операторов связи в оборудовании для OTN не могут быть удовлетворены в полном объеме из-за дефицита оборудования на российском рынке.

В сегменте ЦРПС потребность в оборудовании вырастет по сравнению с докризисным уровнем в 2020-2021 гг.

Рост потребности в оборудовании РРС связан с необходимостью модернизации сетей мобильной связи под LTE и в будущем под 5G. В современных сетях LTE и будущих 5G главное требование к ЦРПС – скорость передачи данных не менее 1 Гбит/с. В настоящее время основная доля установленных РРС работает на скорости 150-500 Мбит/сек. Ограниченные скоростные характеристики ЦРПС все хуже справляются с задачей подключения базовых станций (далее по тексту – БС) и удаленных радиоблоков сотовых сетей LTE и не позволяют передавать сигнальный трафик протокола CPRI. Более того, в LTE для этого протокола минимальная скорость 1 Гбит/с. Для сетей 5G рекомендуется протокол eCPRI, а это уже минимум 7 Гбит/с. Без использования протоколов CPRI и eCPRI невозможна работа в одной сети оборудования разных производителей.

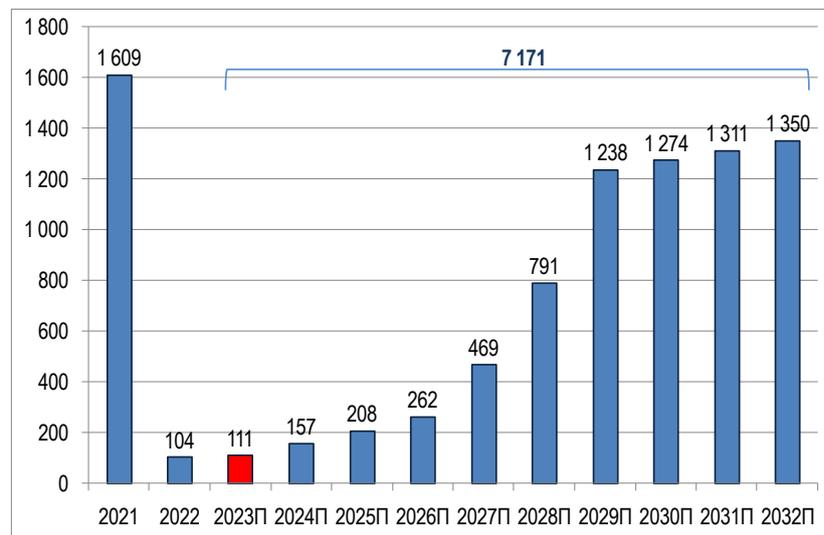
Именно поэтому все операторы мобильной связи рассматривают планы замены и модернизации ЦРПС.

По оценке iKS-Consulting, в прогнозном горизонте до 2032 года потенциальная ежегодная потребность коммерческих потребителей в оборудовании для оптических транспортных сетей составит:

- ЦРПС – не менее 1 600 радиорелейных пролетов на сумму почти 4 млрд рублей;
- ОМ порядка 9 тыс. линейных портов на сумму 30 млрд рублей в стоимостном выражении (без учета инфляции).<sup>1</sup>

Совокупный показатель на рассматриваемом 10-летнем периоде с 2023 года по 2033 год составит:

- ЦРПС – не менее порядка 7 171 комплектов оборудования (пролеты). Динамика представлена на рис. 4;



- ОМ – порядка 71 508 портов (рис. 5).<sup>2</sup>

**Рис. 4. Прогноз объема продаж оборудования ЦРПС в пролетах, шт.**<sup>3</sup>

Важными триггерами роста потребностей в оборудовании ЦРПС и ОМ в прогнозном горизонте должны стать:

- массовое строительство сетей 5G и последующий взрывной рост интернет-трафика,
- программы устранения цифрового неравенства (УЦН),
- развертывание сетей связи вдоль федеральных трасс, строительство новых платных дорог,

<sup>1</sup> Аналитическая записка «Оценка потенциала российского рынка цифрового радиорелейного оборудования и оптических мультиплексоров для транспортных телекоммуникационных сетей операторов связи и технологических сетей для выхода нового игрока», iKS-Consulting, Февраль-апрель 2023, - 11 с.

<sup>2</sup> Там же.

<sup>3</sup> Там же.

- проекты цифровой трансформации крупных корпоративных заказчиков,
- программы, направленные на освоение Арктики, пр.

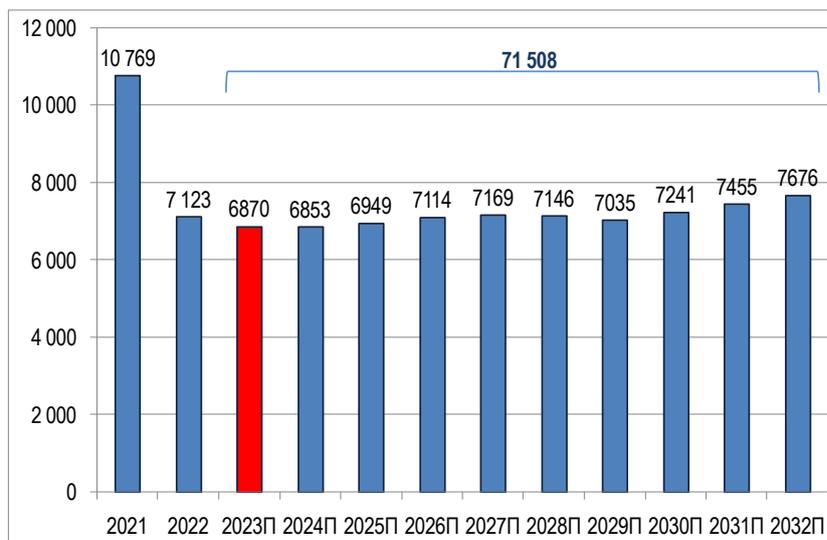


Рис. 5. Прогноз объема продаж оптических мультиплексоров в линейных портах, шт. <sup>1</sup>

Ожидается массовый запуск полноценных массовых коммерческих сетей 5G в России, а значит и последующий взрывной рост трафика будет возможен не ранее 2028 года. Предполагается, что только к этому году сможет появиться российское оборудование для массового внедрения сетей 5G.

С каждым новым поколением количество БС (в 4G и 5G, еще и удаленных радиоблоков) увеличивается в 3-5 раз. Таким образом, для

развертывания сетей 5G будет недостаточно заменить оборудование радиорелейной связи, которое использовалось в сетях 2G и 3G. Необходимо будет еще развернуть, как минимум, столько же новых БС, а, возможно, и больше. Поскольку 5G в прогнозный период скорее всего появятся только в городах-миллионниках, то 60 %-70 % новых и модернизированных БС будут подключены по оптике, а остальные с помощью радиорелейных станций.

Разработкой этого оборудования для сетей 4G / 5G уже несколько лет занимаются российские производители, входящие в ГК «Ростех». Регулятор совместно с российскими вендорами уже отодвигал сроки запуска производства оборудования 5G в России даже на уже утвержденных частотах.

Часть дефицита могут закрыть форвардные контракты компании «Ядро» с основными операторами связи (Ростелеком, МегаФон, Теле2, Вымпелком), по которым с 2025 по 2030 гг. должны будут поставляться базовые станции стандартов GSM (2G) и LTE (4G), контроллеры базовых станций стандарта GSM, системы управления и мониторинга (NMS). Сумма форвардного контракта - 80 млрд рублей, оплата по поставкам.<sup>2</sup>

Реализация всех планов по дальнейшему развитию сетей связей сильно зависит от поставок нового оборудования. Все потребители нуждаются в скорейшем решении проблемы с поставками отечественного оборудования.

В реализации рассмотренного инвестиционного проекта по созданию отечественного производства цифрового радиорелейного оборудования и оптического оборудования для оптических транспортных сетей заинтересована не только компания «Пилот Телеком», но и наше общество в целом. Реализацией этого проекта призвано внести некоторый вклад в цифровизацию экономики России.

В заключение необходимо отметить, что технологический суверенитет представляет собой важную стратегическую задачу для обеспечения технологической независимости страны. Это актуальное направление развития в условиях современной глобализации и ускоренных технологических изменений. Цифровизация всех отраслей экономики является одним из элементов формирования технологического суверенитета.

Применение государственной поддержки, инвестиций в образование и науку, а также предоставление налоговых послаблений для компаний, которые задействованы в цифровизации экономики страны, позволяет сделать вывод о необходимости комплексного подхода к решению проблемы технологического суверенитета.

#### Список литературы

1. Аксенов И.С. Особенности соотношения понятий «народный суверенитет», «национальный суверенитет» и «государственный суверенитет» // Синергия наук. № 22. 2018. – С. 1042-1052.
2. Бутенко Е.Д. Цифровизация регионов как часть цифровизации страны // Научные труды Северо-западного института управления РАНХИГС, 2022, том: 13, № 5 (57). С. 19-25.

<sup>1</sup> Аналитическая записка «Оценка потенциала российского рынка цифрового радиорелейного оборудования и оптических мультиплексоров для транспортных телекоммуникационных сетей операторов связи и технологических сетей для выхода нового игрока», iKS-Consulting, Февраль-апрель 2023, - 11 с.

<sup>2</sup> Там же.

3. Голубева Т.В. Цифровизация экономики в РФ в настоящее время // научное обозрение: актуальные вопросы теории и практики. Сборник статей XI Международной научно-практической конференции. Пенза, 2024. – С. 130-132.
4. Дудин Е.Н., Азимов П.Х. Роль цифровизации в развитии национальной экономики // Трансформация информационно-коммуникативной среды общества в условиях вызовов современности. Материалы II Международной научно-практической конференции молодых ученых. Комсомольск-на-Амуре, 2023. – С 240-243.
5. Еловская М.А. Мировой опыт построения цифровой экономики перспективы цифровизации экономики России // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. № 5-2 (137). 2022. – С 35-41.
6. Михеева В.А. Эволюция понятия "суверенитет" и проблемы суверенитета в современной мировой политике // [Высшее образование для XXI века: роль гуманитарного образования в контексте технологических и социокультурных изменений](#). XV Международная научная конференция. Доклады и материалы. В 2-х частях. Том Часть 2. Под общей редакцией И.М. Ильинского. Издательство: [Московский гуманитарный университет](#) (Москва). 2019. – С. 906-912.
7. Петров М.Н., Филиппов Я.С. Технологический суверенитет: основные принципы концепции национальной научно-технологической безопасности // Вопросы инновационной экономики. Том 13. Номер 3. Июль-сентябрь 2023. – С. 1185-1197.
8. Протасова А.Д., Коркина С.В., Чепурченко И.В. Информатизация технологических процессов железнодорожного транспорта и проблема технологического суверенитета // Наука и образование: актуальные вопросы теории и практики. Материалы III Международной научно-методической конференции, посвященной 50-летию Самарского государственного университета путей сообщения. Оренбург, 2023. – С. 29-32.
9. Роблес-Каррильо М. Суверенитет и цифровой суверенитет // Journal of Digital Technologies and Law, 2023, 1(3). 2023. – С. 673-690.
10. Силиник Е.С. Технологический суверенитет РФ: путь к технологической независимости // Актуальные вопросы современных научных исследований (сборник статей VIII Международной научно-практической конференции. В 2 частях). Пенза, 2023. Издательство: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.). – С. 23-26.

#### References in Cyrillics

1. Aksenov I.S. Osobennosti sootnosheniya ponyatij «narodny`j suverenitet», «nacional`ny`j suverenitet» i «gosudarstvenny`j suverenitet» // Sinergiya nauk. № 22. 2018. – S. 1042-1052.
2. Butenko E.D. Cifrovizaciya regionov kak chast` cifrovizacii strany // Nauchny`e trudy` Severo-zapadnogo instituta upravleniya RANXIGS, 2022, tom: 13, № 5 (57). S. 19-25.
3. Golubeva T.V. Cifrovizaciya e`konomiki v RF v nastoyashhee vremya // nauchnoe obozrenie: aktual`ny`e voprosy` teorii i praktiki. Sbornik statej XI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Penza, 2024. – S. 130-132.
4. Dudin E.N., Azimov P.X. Rol` cifrovizacii v razvitii nacional`noj e`konomiki // Transformaciya informacionno-kommunikativnoj sredy` obshhestva v usloviyah vy`zovov sovremennosti. Materialy` II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii molody`x ucheny`x. Komsomol`sk-na-Amure, 2023. – S 240-243.
5. Elovskaya M.A. Mirovoj opy`t postroeniya cifrovoj e`konomiki perspektivy` cifrovizacii e`konomiki Rossii // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo e`konomicheskogo universiteta. № 5-2 (137). 2022. – S 35-41.
6. Mixeeva V.A. E`voluciya ponyatiya "suverenitet" i problemy` suvereniteta v sovremennoj mirovoj politike // Vy`sshее obrazovanie dlya XXI veka: rol` gumanitarnogo obrazovaniya v kontekste texnologicheskix i sociokul`turny`x izmenenij. XV Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya. Doklady` i materialy`. V 2-x chastyax. Tom Chast` 2. Pod obshhej redakciej I.M. Il`inskogo. Izdatel`stvo: Moskovskij gumanitarny`j universitet (Moskva). 2019. – S. 906-912.
7. Petrov M.N., Filippov Ya.S. Texnologicheskij suverenitet: osnovny`e principy` koncepcii nacional`noj nauchno-texnologicheskoj bezopasnosti // Voprosy` innovacionnoj e`konomiki. Tom 13. Nomer 3. Iyul`-sentyabr` 2023. – S. 1185-1197.
8. Protasova A.D., Korkina S.V., Chepurchenko I.V. Informatizaciya texnologicheskix processov zheleznodorozhnogo transporta i problema texnologicheskogo suvereniteta // Nauka i obrazovanie: aktual`ny`e voprosy` teorii i praktiki. Materialy` III Mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoj konferencii, posvyashhennoj 50-letiyu Samarskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshheniya. Orenburg, 2023. – S. 29-32.
9. Robles-Karril`o M. Suverenitet i cifrovoj suverenitet // Journal of Digital Technologies and Law, 2023, 1(3). 2023. – S. 673-690.
10. Silinik E.S. Texnologicheskij suverenitet RF: put` k texnologicheskoj nezavisimosti // Aktual`ny`e voprosy` sovremenny`x nauchny`x issledovanij (sbornik statej VIII Mezhdunarodnoj nauchno-

prakticheskoj konferencii. V 2 chastyax). Penza, 2023. Izdatel'stvo: Nauka i Prosveshhenie (IP Gulyaev G.Yu.). – S. 23-26.

*Жагловская Анна Валериевна*  
доцент, кандидат экономических наук,  
НИТУ «МИСиС»  
г. Москва

*Клещина Марина Геннадьевна*  
доцент, кандидат экономических наук,  
НИТУ «МИСиС»  
г. Москва

*Морозов Сергей Николаевич*  
аспирант 2 курса,  
НИТУ «МИСиС»  
г. Москва

**Ключевые слова:** цифровизация, технологический суверенитет, экономика данных, инновации, технологическое развитие, инновационная активность.

***Anna Zhaglovskaya, Marina Kleshchina, Sergey Morozov. Digitalization of the economy as an element of technological sovereignty of the Russian Federation***

**Keywords:** digitalization, technological sovereignty, data economy, innovation, technological development, innovative activity.

DOI: 10.34706/DE-2024-04-12

JEL classification C8 Методология сбора и оценки данных; компьютерные программы; O33 – Научно-технический прогресс: этапы и последствия; процесс распространения

**Abstract:** this article examines the issues of technological sovereignty of Russia and the digitalization of our country's economy, presents the results of a study to assess the potential of the Russian market of digital radio relay equipment and optical multiplexers necessary for telecom operators in the process of digitalization.

## Памятка для авторов публикаций в журнале «Цифровая экономика»

В нашем журнале выполняются все требования Diamond-OA, включая отсутствие платы как со стороны авторов, так и со стороны читателей, рецензирование, а также проверка на плагиат и избыточное самоцитирование. Авторские права на опубликованные статьи остаются за авторами.

В журнале нет штатных сотрудников, все работы, включая проверку на плагиат, рецензирование, работу корректора и форматирование, выполняются группой единомышленников на общественных началах, а потому мы рассчитываем на такое же отношение к своим правам и обязанностям со стороны авторов. Материалы, опубликованные ранее (полностью или в значительной своей части) в других изданиях, не принимаются. Мы очень надеемся, что предполагаемые авторы избавят нас от работы с такими текстами.

Первое, что предлагается автору, желающему опубликовать статью в нашем журнале, – это зарегистрироваться в качестве потенциального автора и самому разместить предлагаемый к публикации текст на сайте журнала в отведенном для этого разделе (научные статьи, мнения, обзоры, рецензии, переводы). Тем самым автор принимает условия журнала и дает добро на публикацию своей статьи в журнале после прохождения всех предусмотренных процедур. Статья, прошедшая проверку и рецензирование, получает отметку о том, что она будет опубликована в журнале.

При отборе статей для публикации в очередном выпуске включение статьи в этот выпуск определяется, прежде всего, соотношением объемом материалов, в принципе годных для публикации, и фиксированным (96 страниц 9-м кеглем) объемом выпуска. Во внимание принимается соответствие тематики, время подачи материала и его готовность к публикации.

Полная готовность научной статьи к публикации означает ее соответствие принятому в журнале стандарту, включая правильное оформление списка литературы и ссылок, полные сведения об авторах, индексы JEL, аннотацию и ключевые слова на русском и английском, редактируемые формулы (набранные Word и в нем же редактируемые), ручную нумерацию разделов, рисунков и таблиц. Если нумерация автоматическая, она может сбиться при вставке статьи в общий блок.

**Заголовок не должен быть длинным. Иначе в колонтитуле будет бессмыслица. Не надо набирать заголовок большими буквами. Надо использовать опцию «все прописные». Это важно!**

В списке литературы научные статьи упорядочиваются по алфавиту, причем сначала идут русскоязычные публикации, потом англоязычные и пр. Это нужно, чтобы не возникло путаницы при формировании транслитерации кириллических статей. Источники данных, нормативные и методические материалы идут отдельным списком. Ссылки на интернет-ресурсы, газетные публикации и т.д. желательно давать в сносках. Ссылки на научные публикации должны быть даны в формате [Автор, 2023]. При необходимости к году может быть добавлена латинская буква 2023a, 2023b.

Публикация статьи означает получение ей метаданных, включая DOI, номер выпуска, страницы. Выпуск журнала делается в формате pdf, причем в таком виде, что его сразу можно отдать в типографию и сделать твердую (бумажную) копию, если кто-то из авторов хочет ее иметь для себя. Бумажная версия выпуска имеет статус буклета, печатается за счет автора (заказчика) и в количестве, определенном заказчиком.

Статьи, размещенные авторами на сайте журнала, доступны читателям немедленно, еще до того, как прошли рецензирование. Они не считаются опубликованными до прохождения рецензирования и технических процедур. Но самим фактом размещения и предварительной регистрации человек решает это опубликовать, отпадает необходимость в письменном договоре. Если автор присылает статью в журнал и просит ее разместить, он нарушает стандартную процедуру и может создать нам сложности в будущем. Старайтесь следовать правилам и не создавать нам проблем!