

# 1. НАУЧНЫЕ СТАТЬИ

## 1.1. СОВМЕСТИМОСТЬ СТИМУЛОВ, ЦИФРОВИЗАЦИЯ И ТОРГОВЛЯ ЗНАНИЯМИ

Козырев А. Н. – д.э.н., ЦЭМИ РАН, Москва

*В статье показано, как новейшие достижения в области алгоритмической теории игр могут быть адаптированы для формализации правовых конструкций и автоматизации процедур, традиционно используемых в торговле ноу-хау, а также другими знаниями ограниченного доступа. Также представлен взгляд с позиций современной теории игр на ряд ключевых моментов в истории применения вычислительной техники и математических методов для управления экономикой СССР.*

### 1. Введение

Эта статья задумана и написана как введение в новую область междисциплинарных исследований, где экономика и право гармонично соединяются на основе алгоритмической теории игр, дополняемой знаниями о том, как реально осуществляются сложные сделки при неполной, а точнее, частично скрываеваемой информации, и как правовые конструкции, в том числе, опционы позволяют снизить риски сторон. В первую очередь это касается риска неисполнения договоров после того, как скрываеваемая информация становится известной, однако, вообще говоря, проблема много шире. Речь может идти о снижении транзакционных издержек оппортунистического поведения в самом широком смысле, включая издержки неисполнения своих обязанностей работниками компаний и государственными служащими. Но главное то, что издержки оппортунистического поведения минимизируются на основе решений, полученных с применением математики (в рамках теории игр), и только потом эти решения интерпретируются и формулируются на языке права. В каком-то смысле это направление – развитие идей объединения экономики и права, восходящих к Рональду Коузу (Coase, 1988)<sup>1</sup> и активно развиваемых его последователями, но с активным привлечением теории игр. По разным причинам такой подход был чужд и Коузу, не дружившему с математикой, и его оппонентам, предпочитавшим оперировать не фактами, а литературными или математическими метафорами. Такую науку Коуз называл «экономикой грифельной доски» и не упускал случая посмеяться над ней, показывая полное несоответствие ее предпосылок и выводов реальным фактам. На это же обстоятельство в одной из своих книг указывает Дейдра Макклоски.

*Экономисты – это ученые, которые до сих пор не подозревают, что их наука превратилась в игру мальчишек в песочнице (Макклоски, 2015, с. xxx).*

Сильно сказано, но вполне по делу. Не избежали сюрпризов от практики и наши математики-прикладники, пришедшие в экономику с намерением сделать ее эффективнее. В своем последнем интервью<sup>2</sup> Л.В. Канторович писал о том, почему математические методы так трудно применять в экономике.

*Из всех фундаментальных знаний экономические ближе всего к практике, ибо зарождаются в самой повседневной жизни. Правда, здесь, как нигде, математик идет по тонкому льду экономической материи, связанной неисчислимым множеством зависимостей с реальными живыми людьми, коллективами, различными обстоятельствами.*

Такая позиция мало похожа на «игру в песочнице», она выстрадана абсолютно лояльным советской власти гением, на которого регулярно писали доносы то в связи со срывом планов по сдаче металлолома в результате оптимизации расхода металла, то обвиняя в подозрительном сходстве его взглядов на экономику со взглядами В. Парето (другом Муссолини), а потом пытались изобразить его диссидентом. Полным бредом здесь надо признать лишь рассказы о диссидентстве Канторовича. Схожесть взглядов с Парето по многим позициям объясняется тем, что Парето был настоящим ученым, а срывы планов по металлолому или чему-то еще были прямыми следствиями оптимизации основного производства, но приводили к лишению премии целых коллективов (несмотря на перевыполнение плана по основным показателям). Именно здесь начинается «тонкий лед», по которому идет математик, взявшись за экономику. Впрочем, по «тонкому льду экономической материи» приходится идти не только математику, но и экономисту, пожелавшему делать что-то реальное. Недоверчивым рекомендуется прочесть очень личную книгу (Белкин, 2003) с говорящим названием «Тернистый путь экономиста». Причина та же – попытка сделать что-то реальное в экономике неизбежно затрагивает множество явных, скрытых или не очевидных до времени

<sup>1</sup> Книга включает все статьи Р. Коуза на год издания. Есть перевод на русский язык (Коуз, 1993).

<sup>2</sup> Смотреть на правду открытыми глазами <http://vivovoco.astronet.ru/VV/PAPERS/BIO/LVK/LVK03.HTM>

интересов. То же, но в еще большей степени касается руководителей всех уровней. Попытка сделать что-то не так, как делали раньше, практически всегда приводит к неожиданным открытиям в области понимания человеческих интересов и страстей. О них можно догадываться, можно пытаться выяснить разными методами, но самый надежный и научно обоснованный путь – построение согласованных со стимулами организационных схем. Это важно и в сетевых, и в иерархических системах. Непонимание или игнорирование данного факта – причина крушения даже самых благородных начинаний. Не стали исключением из этого правила и многие реальные проекты в истории нашей страны. И все же закон, по которому «математик сделает это лучше»<sup>3</sup>, справедлив даже в экономике. Об этом свидетельствуют успехи в алгоритмической теории игр, позволяющие разрабатывать правовые меры для минимизации или полного устранения издержек оппортунистического поведения. К числу таких мер относится устранение возможностей для появления конфликта интересов (в строгом правовом смысле), то есть наличия у одного и того же лица вторичного интереса наряду с основной обязанностью или первичным интересом. Сюда же относятся алгоритмические и правовые конструкции, исключающие выгоду от манипулирования, путем предоставления недостоверной информации о своих возможностях, предпочтениях или оценках. На языке теории игр такие конструкции называются совместимыми со стимулами, а само это свойство – совместимостью стимулов (*incentive compatibility*). Именно на этом направлении в последние годы получены впечатляющие результаты, сулящие неплохие перспективы практического применения в цифровой экономике, в том числе, в торговле информацией.

С тех же позиций интересно посмотреть не только на достижения алгоритмической теории игр и на практику совершения сделок по продаже информации, но и на опыт СССР по применению математических методов и вычислительной техники в экономике. Растущий интерес к этому опыту отчасти объясним разочарованием в идее свободного рынка, отчасти – цифровизацией экономики, где применение математических методов – одно из необходимых условий успеха. Дополнительную интригу в этот сюжет вносят участвовавшие (в связи со столетием А.И. Китова) публикации, посвященные то ли непонятым тогдашней властью, то ли опередившим свое время идеям А.И. Китова и В.М. Глушкова об управлении экономикой СССР на основе сети вычислительных центров и математических методов. Об этих идеях и о том, почему их удалось воплотить лишь частично, причем с не для всех очевидной пользой для экономики, написано достаточно много, а диапазон мнений широк, как числовая прямая (от  $-\infty$  до  $+\infty$ ). Кто-то считает, что СССР еще в 1959 мог приступить к созданию интернета, если бы власть прислушалась к предложению А.И. Китова, а реализация ОГАС<sup>4</sup> в том виде, как ее изначально задумал и представлял В.М. Глушков, могла бы спасти экономику СССР от стагнации и последующего развала СССР. Кто-то скатывается в другую крайность, утверждая, что все попытки автоматизации управления экономикой СССР – это попытки автоматизировать бардак согласно популярной и тогда, и сейчас поговорке – «Автоматизация бардака создает автоматизированный бардак». Добавить к этому разноголосому хору еще одно частное мнение – задача бессмысленная и абсолютно контрпродуктивная. Согласно следствию из третьего закона Чизхолма<sup>5</sup>, вас обязательно кто-то не поймет, а кому-то ваша позиция еще и не понравится. Так стоит ли проверять прозрачность Чизхолма?

Гораздо интереснее посмотреть на те же события с позиций алгоритмической теории игр или, точнее, оценить с точки зрения совместимости стимулов советскую практику принятия управленческих, в том числе, государственных решений, а также решений, принимаемых в автоматическом режиме. В этом случае есть шанс найти что-то интересное и даже полезное для практики, хотя и без науки достаточно очевидно, что декларируемые интересы правящей элиты всегда отличаются от реальных интересов ее конкретных представителей, а СССР тут не был исключением. Иначе говоря, совместимости стимулов не было, интуитивно это понятно. Но его не было в более точном смысле этого термина.

Первое упоминание термина в точном математическом смысле появилось в работе (Hurwicz, 1960), а более полная трактовка – в (Hurwicz, 1972). Примечательно, что возникли эти идеи в связи с изучением Леонидом Гурвичем советской экономики и возможностей управления ею, но восприняты в СССР они не были ни тогда, ни в последующие годы, причем отнюдь не в силу отсутствия в стране сильных математиков. Как раз математики в СССР были, но такие идеи они не воспринимали.

Сегодня совместимость стимулов – одно из ключевых понятий теории игр, ставшее особенно популярным в связи с применением в теории проектирования механизмов (*mechanism design theory*), отмеченной в 2007 году Нобелевской премией<sup>6</sup>. Теории проектирования и реализации механизмов обеспечивают стратегический анализ функционирования различных институтов для принятия решений в экономике, политике и многих других сферах. Их применение варьируется от моделирования избиратель-

<sup>3</sup> Один из афоризмов польского математика Гуго Штейнгауса.

<sup>4</sup> Общегосударственная автоматизированная система.

<sup>5</sup> <http://nuclphys.sinp.msu.ru/jokes/j01.htm> «Если ясность вашего объяснения исключает ложное толкование, все равно кто-то поймет вас неправильно».

<sup>6</sup> Лауреатами Нобелевской премии по экономике, стали трое ученых из США – Роджер Майерсон, Эрик Маскин и Леонид Гурвич, родившийся в 1917 году в Москве.

ных процедур до проектирования рынков и предоставления общественных благ. Например, один из вопросов, рассматриваемый в этой теории: «как конкретные правила аукциона соотносятся с результатами с точки зрения того, какие агенты выигрывают лоты и по каким ценам, в зависимости от их частной информации о стоимости торгуемых объектов»? Типичный пример совместимого со стимулами механизма – аукцион второй цены (аукцион Викри). Торгуемый лот выигрывает участник, предложивший наивысшую цену, но платит он не названную им самим цену, а следующую по порядку, то есть более низкую цену. Замечательное свойство такого аукциона состоит в том, что выигрышная стратегия для любого участника – назвать свою предельную цену (правду). В этом случае нет риска купить торгуемый объект дороже, чем реально готов заплатить, и, вместе с тем, нет риска упустить выгодную покупку. А вот завышение или занижение декларируемой цены не может дать дополнительный выигрыш, но несет риски.

Далее статья выстроена следующим образом. В следующем разделе 2 представлены соображения о роли контекста в интерпретации терминов «информация», «знание», «сигнал» знаний в математических моделях экономики, а в разделе 3 – необходимые сведения о достижениях в построении оптимальных механизмов торговли информацией, в том числе о представлении информации и знаний в математических моделях. В разделе 4 на реальном примере передачи ноу-хау показано, как аналоговый подход может быть намного эффективнее цифрового. Обещанный выше взгляд на историю применения вычислительной техники и математики в советской экономике представлен в разделах 5 и 6, но в разделе 5 это взгляд на уровне страны, а в разделе 6 – на уровне отрасли. В коротком заключении показана вся противоречивость тех страстей и подведен итог сказанному.

## 2. Информация, сигналы, знания и парадоксы Эрроу

Термины информация, знание, сигнал – отнюдь не синонимы, но в том, что за ними стоит, больше общего, чем различий. Использование в конкретной ситуации одного из них определяется в основном контекстом или правилами профессионального жаргона. Например, ноу-хау – знание, полученное из практики и опыта (в дословном переводе – «знаю как»), а в самом первоначальном понимании – «знаю, как реализовать изобретение», на которое выдан патент. Зато в определении понятия «секреты производства (ноу-хау)» сказано, что это сведения любого характера, имеющие действительную или потенциальную коммерческую ценность вследствие неизвестности их третьим лицам, а также выполнения еще ряда условий (ГК РФ Статья 1465). В этом примере речь идет об одном и том же, но в одном случае оно называется «знания», а в другом – «сведения». С таким же успехом эту роль могла выполнять «информация», так как реальное значение имеют именно условия, при которых эта «информация» имеет действительную или потенциальную коммерческую ценность. Тяжелая законотворческая жизнь вынуждает подбирать наименее затасканные слова и дискутировать в рабочих группах о том, чем сведения отличаются от информации или знаний. Такой проблемы нет в работах по алгоритмической теории игр. Пока речь идет о математике, все это – лишь названия переменных и то не всегда. Часто используются логические переменные, где «0» или «1» означают – «информация верна» или «информация неверна». А при интерпретации переменной все определяет легенда, используется термин, более уместный в контексте предлагаемой легенды. Чаще всего это «сигнал». В классической работе (Arrow, 1962) фактически используются логические переменные, а то, что стоит за ними, может быть информация, знание и даже изобретение. На уровне абстракции, принятом в математической экономике, различия не видны.

Аналогично в информатике и связи. Клод Шеннон, справедливо признаваемый создателем теории информации, позже писал, что свою теорию (Shannon, 1948) ему следовало назвать теорией сигналов. Он занимался пропускной способностью каналов связи, а потому термин «сигнал» был более точен в том конкретном контексте. Также стоит заметить, что Шеннон предпочитал говорить о количестве информации, не углубляясь в философский вопрос о том, что есть информация. Точно также предпочитал говорить лишь о количестве информации (а не о том, что это такое) математик А.Н. Колмогоров, хотя его алгоритмический подход к количеству информации (Колмогоров, 1965) радикально отличается от подхода Шеннона и Винера, между которыми он не видел принципиальной разницы. В подходе Колмогорова большее значение имеет ценность информации, например, более подробная карта содержит больше информации, чем менее подробная, поскольку существуют объекты, отмеченные на более подробной карте, но не отмеченные на менее подробной. При этом никакого значения не имеет количество пикселей, битов или байтов. По Шеннону ровно наоборот, важно именно количество битов и только оно.

Если же мы говорим о продаже информации (знаний), то сразу подразумевается, что речь не о любой, а о ценной информации. Пропаганда, реклама и доверительный рассказ коллеги о проблемах с печенью – тоже информация, но все это – навязываемая информация. Затрачиваемый ресурс – ваше внимание. Когда речь о ценной информации, то важно, не что это, а какие действия с ней можно совершать и с какими последствиями. В частности, это может быть скрываемая информация или информация ограниченного доступа. Продаваться может ее полное или частичное раскрытие, а может продаваться пароль, позволяющий раскрыть файл с ценными сведениями. Информация может быть совершенно открытой, но ее использование ограничено какими-то условиями. А обеспечить выполнение этих условий – отдельная, причем весьма сложная проблема.

Сложность этой проблемы иллюстрирует один из парадоксов Эрроу, но не самый известный (о диктаторе), а парадокс о невозможности продать знание. Парадокс заключается в том, что до раскрытия информации (ноу-хау) за нее не стоит платить, поскольку не вполне ясна ее ценность, а после раскрытия

нет смысла платить, так как она уже известна. Для «мальчиков из песочницы» в этом заключается непреодолимая проблема для создания рынка знаний. Ко времени публикации статьи Эрроу с этой проблемой Самуэльсон уже показал (Samuelson, 1954), что оптимальные цены за пользование знанием должны быть индивидуальными (линдалевскими), то есть должна быть ценовая дискриминация. Суть его рассуждений примерно такова: однажды полученное знание – общественное благо, им могут пользоваться все в равной мере, как все корабли могут пользоваться светом (сигналом!) маяка, а все прохожие освещением улицы. В уравнении материального баланса Самуэльсон «заменяет знак + на знак =» (Pickhardt, 2001, p.3), что позволило чисто математически вывести условие оптимальности равновесия в экономике общественных продуктов – знаменитое уравнение, из которого следовало, что платить пользователи должны пропорционально своей заинтересованности в публичном благе.

О том, чтобы заставить потребителей платить по этим ценам тем, кто эти блага производит, речи не шло, предполагалось, что государство собирает налоги, а потом тратит их на создание общественных благ. В учебниках в качестве примера чаще всего упоминался сигнал маяка, упоминается и до сих пор, хотя Коуз давно показал, цитируя документы, что маячное дело в Англии было частным бизнесом. Проблем с оплатой не было по той причине, что капитаны кораблей не могут вести себя, как трамвайные «зайцы». Не позволяет чувство собственного достоинства. Аналогичный казус случился и с парадоксом Эрроу о торговле знаниями. Практика торговли ноу-хау давно решила эту проблему.

Ноу-хау передается по договору, именуемому беспатентной лицензией, в котором прописываются условия использования ноу-хау, схема и размеры выплат и так далее, то есть все условия договора, но обозначенную выше проблему это само по себе не решает. Для ее решения отдельным договором или в рамках того же договора о передаче ноу-хау заключается опционное соглашение, в котором прописываются процедура раскрытия ноу-хау и условия, при которых потенциальный покупатель будет обязан заключить договор о передаче ноу-хау со всеми теми условиями, которые прописаны заранее, включая схему и размеры платежей. Фактически в сделку встраивается опцион типа пут, что снимает риски сторон, если их намерения честны. По условиям опционного соглашения, если раскрытие ноу-хау показывает его эффективность, то договор о покупке должен быть заключен на заранее оговоренных условиях, прописанных в договоре о передаче ноу-хау. Сторона, продающая ноу-хау, в этом случае ничем не рискует, поскольку осведомлена о работоспособности и эффективности предлагаемого ноу-хау и знает, что раскрытие приведет к появлению у покупателя обязательств. А приобретающая ноу-хау сторона получает возможность убедиться в его эффективности до приобретения. Если она реально собиралась приобрести ноу-хау в случае его эффективности, то возникшее обязательство не противоречит ее интересам. Практика тут опять поправила теорию почти как в примере с маяком, но важно не только это. Важно то, что опционы давно используются в практике торговли ноу-хау. А в появившейся недавно работе (Smolin, 2019) похожая схема с опционами прописана на языке математики.

### 3. От метафор и благих намерений к реализму и прагматизму

Как уже говорилось выше, алгоритмическая теория игр в последние десять лет пополнилась рядом интересных работ, так или иначе связанных с торговлей информацией в условиях цифровизации экономики, в том числе, с проектированием оптимальных механизмов в этой сфере бизнеса. Обзор зарубежных публикаций по теме дан в публикации (Козырев, 2020). Особенно много внимания уделено выделяющимся практической направленностью из общей массы работам (Babaioff, Kleinberg, and Paes Leme, 2012) и (Smolin, 2019). Здесь же приводятся лишь необходимые сведения и ключевые идеи.

В работе (Babaioff, Kleinberg, and Paes Leme, 2012), цитируемой далее для краткости (DKPL, 2012), впервые представлены работающие алгоритмы, совместимые со стимулами и позволяющие оптимизировать продажу информации в реальных ситуациях, а не математические метафоры, повторяющие на языке математики старые экономические метафоры и давно известные практикам истины. Дополнительным аргументом, свидетельствующим в пользу практической направленности работы, может служить тот факт, что двое из авторов статьи полностью или частично аффилированы с исследовательским подразделением фирмы Microsoft. Вместо режущего слух в экономическом или информационном контексте термина «механизм», авторы используют более адекватный термин «протокол».

Реальная задача (или легенда), на которую ссылаются DKPL, – оптимизация размещения рекламы с учетом информации о предпочтениях потенциальных покупателей. Об этих предпочтениях можно лишь судить, иметь мнение, но не знать их. Тем не менее, у рекламодателя есть какое-то представление о них. Оно моделируется как распределение вероятностей на некотором конечном множестве возможностей. Можно действовать, исходя из этих представлений, а можно получить сигнал или консультацию у продавца информации за какую-то плату. В результате представление рекламодателя о предпочтениях потенциального покупателя и, следовательно, решение о размещении рекламы изменится. При всей упрощенности описанной схемы она довольно реалистична. Консультант не может гарантировать, что следование его советам даст оптимальный для клиента (здесь клиент – рекламодатель) результат, но клиент верит, что он, получив консультацию и заплатив за нее, сможет сделать более правильный выбор и в целом останется в выигрыше. Даже в таком упрощенном варианте легенда реалистична.

На самом деле рассказываемая в (DKPL, 2012) легенда богаче и сложнее. Авторы вводят понятия «состояние мира» и «контекст». В данном случае то и другое – формальные математические конструкции,

допускающие простую и вполне реалистичную интерпретацию в конкретных ситуациях. Выигрыш покупателя описывается с помощью числовой функции от трех переменных, одна из которых – тип покупателя, вторая – частный сигнал продавца, а третья – действие покупателя. Покупателю предлагается меню контрактов, из которого он может выбрать подходящий, а дальше четко следовать контракту или предполагать возможность дефолта (одностороннего выхода из контракта). При этом стороны не всё знают друг о друге, обмениваются сигналами и совершают платежи. Все это описывается протоколами, представимыми в виде ориентированных графов. Предполагается, что покупатель получает выгоду от приобретения информации в виде ожидаемой разности значений функции выигрыша с учетом сигнала от продавца и без учета сигнала. Продавец старается продать информацию максимально выгодно, в идеале он может получить практически весь ожидаемый выигрыш покупателя, если сумеет подобрать подходящий протокол и цену. В целом получается богатая конструкция, в рамках которой можно описать не только торговлю местом для размещения рекламы, но многие другие реальные ситуации. Протокол можно переписать и на языке права, и в виде смарт-контракта. Разумеется, если будет использован смарт-контракт, то необходимо, чтобы он не противоречил законодательству. Иначе говоря, автоматически выполняемые перечисления денежных средств должны быть подкреплены обязательствами их перечисления. В противном случае протокол может оказаться мошеннической схемой.

Формально это записывается следующим образом. Действия покупателя – выбор элемента  $a \in A$ , где  $A$  – конечное множество возможностей. Выбор зависит от состояния мира, которое неразлично, вообще говоря, но и покупатель и продавец получают частные сигналы о его состоянии  $\theta \in \Theta$  и, соответственно,  $\omega \in \Omega$ . В простейшем случае множества  $\Theta$  и  $\Omega$  конечны. Ожидаемое вознаграждение покупателя за действие  $a$  при получении двух сигналов  $\theta$  и  $\omega$  задано в виде  $u(\theta, \omega, a)$ . Пара сигналов прибывает из объединенного распределения  $\mu \in \Delta(\Theta \times \Omega)$ . Как это может получаться в практических примерах – отдельный вопрос. Диапазон здесь очень велик от элементарного события – увидел под окном машину скорой помощи – до чего-то глобального типа сообщения о карантине по случаю пандемии коронавируса. Эти внешние сигналы могут ничего не менять в ожидаемом выигрыше покупателя, а могут менять его радикальным образом. Обычно ВКРЛ представляют набор распределений вероятностей на произвольном множестве  $X$  как  $\Delta(X)$ , через  $\mu(\omega, \theta)$  обозначается вероятность события  $(\omega, \theta)$ , а маргиналы  $\omega$  и  $\theta$  – соответственно, через  $\mu(\omega) = \sum_{\theta} \mu(\omega, \theta)$  и  $\mu(\theta) = \sum_{\omega} \mu(\omega, \theta)$ . Априорная вероятность на  $\omega$  обозначается как вектор  $p \in \mathbb{R}_{+}^{\Omega}$ , то есть  $p(\omega) = \mu(\omega)$ .

Информация, утаиваемая продавцом, оценивается покупателем. Если покупатель наблюдает свой сигнал  $\theta$  и ничего больше, его ожидаемое вознаграждение равно

$$\max_{\alpha} \mathbb{E}_{\omega} [u(\theta, \omega, \alpha) | \theta],$$

где ожидание взято по выборке  $\omega$  из  $\mu(\cdot | \theta)$ . Если он также знает точное значение  $\omega$ , его ожидаемое вознаграждение увеличивается до

$$\mathbb{E}_{\omega} [\max_{\alpha} u(\theta, \omega, \alpha) | \theta].$$

Таким образом прибавка от знания  $\omega$  составляет:

$$\xi(\theta) = \mathbb{E}_{\omega} [\max_{\alpha} u(\theta, \omega, \alpha) | \theta] - \max_{\alpha} \mathbb{E}_{\omega} [u(\theta, \omega, \alpha) | \theta].$$

В идеале продавец хотел бы извлечь эту прибавку в свой доход, но поскольку он не знает  $\theta$ , а покупатель действует стратегически, обычно продавец не в состоянии извлечь всю прибавку. Центральный вопрос статьи ВКРЛ: «Какие механизмы может использовать продавец, чтобы извлечь наибольшую часть этой прибавки»? Авторам удается получить вполне содержательных результатов, доводя дело каждый раз до конкретного протокола. Самый примитивный протокол – запечатанный конверт. Информация (сигнал) находится в запечатанном конверте, покупатель покупает конверт, не зная, какой там сигнал. Более сложные протоколы предполагают раскрытие сигнала  $\omega$ . При этом возможно взимание платы до его раскрытия, возможно – после и с зависимостью оплаты от  $\omega$ .

Также возможны и другие, более сложные варианты, но уже на этом уровне возникают вполне содержательные интерпретации. Далее ВКРЛ рассматривают проблему соблюдения протокола, в том числе, вариант, когда с покупателя перед участием в игре принимается залог в размере больше возможной платы продавцу. Также рассматривается возможность корреляции между сигналами  $\theta$  и  $\omega$ , что достаточно ожидаемо, если учесть, что это сигналы «о состоянии мира». Выясняется, что при наличии корреляции возникают проблемы с принципом откровенности по Майерсону, говорящие кое-что уже не только о модели, но и о моделируемой реальности.

Работа (Smolin, 2019) также имеет явную практическую направленность, но в деталях она существенно отличается от (DKPL, 2012). Также монополист продает один продукт, но у продукта много атрибутов (характеристик), а покупателей может быть много, в том числе, покупателей одного типа. Тип покупателя определяется его предпочтениями, которые описываются достаточно просто. Они определяются весами, с которыми учитываются значения разных атрибутов торгуемого объекта.

Формально наборы атрибутов и типы покупателей описываются как векторы конечной размерности  $J$ . Набор атрибутов представляет собой вектор  $x = (x_1, \dots, x_j, \dots, x_J) \in X \subseteq \mathbb{R}^J$ . Аналогично, тип покупателя описывается вектором  $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_j, \dots, \theta_J) \in \Theta \subseteq \mathbb{R}^J$ . Функция выигрыша имеет вид

$$v(\theta, x) = \theta \cdot x = \sum_{j=1}^J x_j \theta_j.$$

Фактически получается билинейная функция, то есть линейная по значениям атрибутов  $x$  и по весам  $\theta$ , которые им придает конкретный тип покупателя. Столь простая и удобная форма представления функции выигрыша не всегда выглядит реалистичной, в частности, если интерпретировать компоненты вектора  $x$  как характеристики деловых качеств рекрута, в соответствии с основной легендой из (Smolin, 2019), то такая функция выглядит некоторой натяжкой. Но можно поискать другие интерпретации.

Также по легенде стороны не все знают друг о друге и могут обмениваться сигналами. Меню, предлагаемое покупателю – набор опционов. Основная рассматриваемая легенда – рекрутинговая платформа. Покупатели – потенциальные работодатели. Торгуемый объект – возможность встречи с потенциальным рекрутом, информация о котором есть у платформы. Она может ее показывать полностью или частично, ориентируясь на тип покупателя. Плата за информацию или, точнее, за ее раскрытие может включаться в цену покупки или браться отдельно. Покупатель также может давать информацию о себе, играя на условиях ее раскрытия. Но в ситуации монополии играет в основном монополист, в том числе он может устанавливать информационную и ценовую дискриминацию.

В рамках той же формалистики можно рассмотреть совершенно другие интерпретации переменных. Например, пусть  $x = (x_1, \dots, x_j, \dots, x_J) \in \mathbb{R}_+^J$  – ресурсы, используемые в некотором производстве, достаточно хорошо описываемом в виде задачи линейного программирования (ЛП). Иначе говоря, помимо ограничений по этим ресурсам, есть и другие ограничения, которые не очень хочется демонстрировать публично. Вектор  $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_j, \dots, \theta_J) \in \mathbb{R}_+^J$  – двойственные переменные, получившие в свое время идеологически выдержанное название «объективно обусловленные оценки» (Канторович, 1959). Значение целевой функции задачи ЛП можно переписать как функцию от  $x$ , – обозначим ее  $f(x)$ . Она уже не будет линейной в силу наличия других ограничений. Малое изменение вектора ресурсов обозначим как  $\Delta x$ . Тогда  $\theta \cdot \Delta x = \Delta f(x)$  – уравнение вариации плана. Оно выполняется, если решение задачи ЛП устойчиво и остается устойчивым при небольшом изменении  $\Delta x$ . Вектор  $\theta$  известен тому, кто решает задачу ЛП, как и другие ограничения, но раскрывать все ограничения и возможности нет смысла, как правило, это несет бизнесу вред, поскольку ставит конкурентов и партнеров в более выгодное положение. Но бывает так, что выгодно раскрывать значения  $\theta$ . Это оказывается самым выигрышным вариантом.

Чтобы это показать, рассмотрим ситуацию, когда есть два типа производств, то есть помимо уже имеющихся  $x$  и  $\theta$ , есть  $y = (y_1, \dots, y_j, \dots, y_J) \in \mathbb{R}_+^J$  и  $\vartheta = (\vartheta_1, \dots, \vartheta_j, \dots, \vartheta_J) \in \mathbb{R}_+^J$ , а также целевая функция  $g(y)$ . Также выполняется уравнение вариации плана  $\vartheta \cdot \Delta y = \Delta g(y)$ . Тогда есть достаточно простой протокол, ведущий к обмену ресурсами, улучшающий положение обоих участников. Для этого надо, решая довольно простую задачу квадратичного программирования, найти луч, минимально удаленный от  $\theta$  и  $\vartheta$ , спроектировать на него оба вектора и найти разности между  $\theta$  и его проекцией, между  $\vartheta$  и его проекцией. Это и будут направления обмена для сторон, дающие в сумме ноль и выгодные обеим сторонам. Формально направляющий вектор луча  $p$  и нужные проекции  $\tau p$  и  $\gamma p$  находятся из решения задачи

$$\min_{\tau, \gamma \in \mathbb{R}_+, p \in \mathbb{R}_+^J} [(\theta - \tau p)^2 + (\vartheta - \gamma p)^2], \sum_{j=1}^J p_j = 1.$$

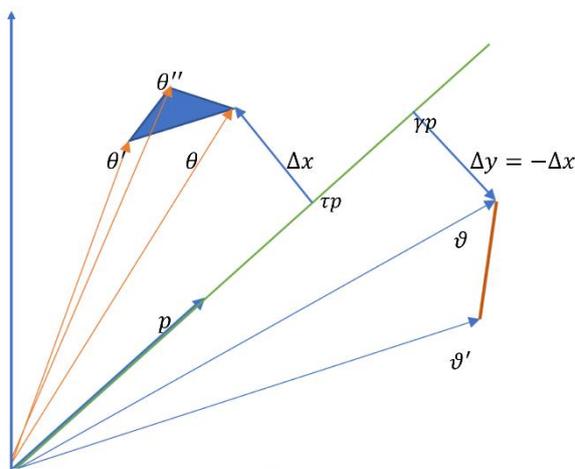


Рисунок 1

Нормировка вектора  $p$  необходима для того, чтобы решение задачи было единственным. Далее берем  $\Delta x = \theta - \tau p$  и  $\Delta y = \vartheta - \gamma p$ . Легко проверить, что  $\Delta x = -\Delta y$ , причем, если  $\Delta x \neq 0$ , то  $\theta \cdot \Delta x > 0$ ,  $\vartheta \cdot \Delta y > 0$ , но равенство  $\Delta x = 0$  возможно лишь в том случае, если  $\vartheta$  и  $\theta$  коллинеарны. На рисунке 1 показана ситуация, когда двойственные переменные (векторы  $\theta$  и  $\vartheta$ ) определяются неоднозначно. Вместо единственного вектора  $\theta$  есть  $\theta'$  и  $\theta''$ . Поскольку это вырожденная ситуация, при небольшом изменении при случайном небольшом изменении  $x$  какие-то ограничения перестанут работать, и многозначность исчезнет. Но вектор  $\Delta x$  выбран специальным образом, а потому этого, скорее всего, не произойдет. То же самое  $\vartheta$  и  $\vartheta'$ .

Если за каждой из задач ЛП стоит некоторый агент, а вычислительную операцию производит робот, то получается совместимый со стимулами механизм (протокол). Легко увидеть, что, сообщая правдиво свои  $\theta$  и  $\vartheta$ , агенты имеют шанс улучшить свое положение. Если кто-то из них дает искаженную информацию, можно упустить этот шанс. После того, как обмен в найденных пропорциях приведет к неустойчивому решению, протокол надо чуточку поправить, решаемая задача квадратичного программирования несколько усложняется. Двойственные оценки определяются неоднозначно, а потому вместо вектора  $\theta$  надо рассматривать выпуклую комбинацию сначала двух, потом трех и так далее. В конечном числе шагов достигается оптимальное по Парето решение (точка на границе Парето). Описанная схема была реализована (Козырев, 1975) в блоке Перспективное планирование «АСУ-Прибор». В сочетании с результатами работ (Smolin, 2019) и (DKPL, 2012) возможны новые применения.

#### 4. Отступление об опционах, имущественных правах и продаже ноу-хау

Предлагаемое потенциальным покупателям меню может быть очень разнообразным. Оно может быть дискриминационным и в части цен, и в части раскрытия информации. Одним покупателям монополист может открыть одну часть атрибутов, другим – другую, а кому-то всю информацию, то есть все характеристики торгуемого объекта. Он может предоставлять информацию об атрибутах за отдельную плату, а потом за отдельную – сам объект, может связать раскрытие информации с обязательством покупателя приобрести торгуемый объект, если раскрытие атрибутов покажет, что удовлетворяется заранее обговоренное условие. Получается обмен информации (раскрытия) на обязательственные имущественные права. В статье (Smolin, 2019) эта тема звучит, но несколько глухо, что в целом нормально для современной статьи по микроэкономике, но типичный читатель таких статей вряд ли поймет, как это связано с реальностью. Между тем, в реальной экономике купля-продажа прав – обычное явление, гораздо более частое, чем продажа информации. Но участники сделки не всегда это понимают. Продажа обычного товара подразумевает продажу всех имущественных прав на него, но об это не принято говорить, поскольку всем все кажется ясным и без таких пояснений. При продаже недвижимости вопрос уже не так прост, приходится регистрировать сделку и точно прописывать, какие права передаются. При продаже лицензий на использование изобретений, объектов авторского права или товарных знаков речь идет именно о продаже прав. Наконец, опцион по определению – право, но не обязанность купить (колл-опцион) или продать (пут-опцион) некоторый актив по оговоренной заранее цене в конце определенного периода (европейский опцион) или в течение определенного периода (американский опцион). В статье (Smolin, 2019) говорится о колл-опционах на покупку торгуемого актива, более того, call options входит в число ключевых слов. В примере с продажей ноу-хау из подраздела 2 настоящей статьи речь идет об опционе типа пут. При этом в обоих случаях это приобретение обязательственных имущественных прав, в первом случае это покупка права, во втором – обмен информация (раскрытия) на право.

Если мы говорим о продаже информации в широком смысле, не разделяя сигналы, знания, информацию, но хотим не отрываться от реальности, то избежать вариантов с обменом информации на права и, тем более, с покупкой прав не избежать. А потому лучше об это говорить прямо и точно, используя лексику, принятую в области права. В этом смысле ноу-хау, описания изобретений, программное обеспечение, базы данных, оцифрованные тексты и рисунки – тоже информация. Более того, на сегодняшний день все это информация в цифровом формате за исключением, возможно, ноу-хау и то, если ноу-хау не описано в виде текста, который затем оцифрован. Типичный пример – оптимальная температура металла при сварке. Выше этот пример уже упоминался, но его стоит рассмотреть более подробно.

Цвет	Наименование	°С
	Ослепительно белый	1250 - 1300
	Светло-желтый	1150 - 1250
	Темно-желтый	1050 - 1150
	Оранжевый	900 - 1050
	Светло-красный	830 - 900
	Светло-вишнево-красный	800 - 830
	Вишнево-красный	770 - 800
	Темно-вишнево-красный	730 - 800
	Темно-красный	650 - 730
	Коричнево-красный	580 - 650
	Темно-коричневый	530 - 580

Рисунок 2. Таблица "Цвета каления стали"

Температура, как известно, измеряется в градусах, а потому ничто не мешает провести серию экспериментов и установить оптимальную температуру, до которой надо калить свариваемые куски металла, а потом описать весь процесс, включая точное указание температуры, причем это можно сразу записать на электронном носителе, а можно потом оцифровать. Так или иначе, получим информацию в цифровом формате (точно по Шеннону), составляющую ноу-хау. Но современная практика идет совершенно иным путем. В конкретном случае, взятом для примера (крепление стабилизатора к корпусу ракеты воздух-земля), начальник производства показывает сварщику, до какого цвета надо калить соединяемые детали. Раскаленная сталь, как известно, при разной температуре имеет разные оттенки. Приблизительно это показано на рисунке 2. Человеческий глаз, в принципе, различает гораздо больше оттенков, а потому мало сказать, «кали до белого, а потом сразу прекращай, иначе корпус прогорит», надо реально показать момент, когда появляется именно тот оттенок цвета.

Рассмотренный пример достаточно типичен. При передаче ноу-хау очень часто надо один раз показать, причем именно тому человеку, который будет на практике выполнять операцию, а не передавать стопку бумаги или файл. Впрочем, передать файл или стопку бумаги тоже не помешает, но главное – документировать демонстрацию процесса (раскрытие) и его результат. Подписанный сторонами акт о

результатах испытаний становится основанием для исполнения опционного соглашения и подписания договора о передаче ноу-хау на заранее обговоренных условиях.

Столь подробное описание примера необходимо, чтобы показать связь между математическими моделями торговли информацией, возникшими на волне цифровизации экономики, и той культурой передачи ценных сведений, включая передачу ноу-хау, которая развивалась до цифровизации. Эта культура включает и последовательность действий, и виды платежей, и множество других важных деталей. Она должна быть интегрирована в новую цифровую реальность. Вместе с тем, из примера видно, что самое уязвимое место в такой интеграции – интерфейс между искусственным и человеческим. Если роботу (сварку) выполняет робот, то ему надо предоставить в цифровом формате информацию о температуре и действиях при ее достижении. Но, если сварку выполняет человек, то лучше воспользоваться естественным каналом связи, то есть просто показать.

Последние достижения в области формализации процесса торговли информацией обнадеживают. Появление модели с меню из опционов (Smolin, 2019) – один из важных шагов в этом направлении, поскольку на языке опционов можно неплохо описать и передачу ноу-хау, и продажу патентной лицензии, и поддержание патента в силе (Pitkethly, 2002).

### **5. Превратности метода. Из истории математических методов экономики в СССР**

История применения математических методов и вычислительной техники в экономике СССР очень драматична и очень по-разному отражена в воспоминаниях ее непосредственных участников. Об этом приходится напоминать, как и о противоречиях во взглядах на то, как надо было делать это великое дело. К сожалению, большинство этих версий либо очень личные, либо поверхностные, лишённые понимания деталей и мотивов участников событий. И никогда эта реальная история не рассматривалась с позиций теории проектирования совместимых со стимулами экономических механизмов.

Самые яркие события приходятся на 60-е годы прошлого (20-го) века – период «оттепели» и, вместе с тем, осознания проблем, накапливающихся в советской экономике, как снежный ком. Именно в этот период руководство страны искренне рассчитывает на помощь науки, прежде всего, математики. Идеология, разумеется, никуда не уходит, но роль ее уменьшается и далеко не всегда отрицательна. Тот факт, что математические методы более адекватны централизованной плановой экономике, чем свободному рынку, признают и в СССР, и за рубежом. Для власти это дополнительный довод в пользу математических методов в управлении экономикой, как и для причастных к этому выдающихся математиков. Их авторитет подкреплен очевидными успехами при создании реактивной авиации и космических ракет, атомной бомбы и вычислительной техники, где СССР тогда отставал только от США, опережая остальные страны. В вычислительных методах мы даже немножко опережали всех, компенсируя этим отставание от США «в железе». А потому начиналось все очень оптимистично и мощно.

Первое всесоюзное научное совещание по применению математических методов в экономических исследованиях и планировании проходило в Москве с 4 по 8 апреля 1960 года. В первый день совещания было заслушано два пленарных доклада:

1. В. С. Немчинов «О применении математических методов в экономических исследованиях и планировании».
2. И. С. Брук «Перспективы использования электронных цифровых машин в управлении экономикой СССР».

В тот же первый день работало 7 секций, на которых были заслушаны очень разные по научному уровню и идейной направленности доклады, в том числе, целый ряд докладов об успешных применениях оптимизационных методов. То есть к 1960 году уже были истории успеха.

На второй день был один пленарный доклад В.Д. Белкина «О плане координации научных работ по применению математических методов и электронных вычислительных машин в экономических расчетах». В каком-то смысле это продолжение доклада И.С. Брука. С 1956 г. Белкин работает в Институте электронных управляющих машин (ИНЭУМе), где под руководством И.С. Брука были созданы малые цифровые вычислительные машины М-1, М-2, М-3, М-4, М-5, М-7-200 и М-7-800, во многом ориентированные на применение в экономике.

В итоге Совещание приняло координационный план исследований (по докладу В. Д. Белкина) и рекомендации из шести пунктов (Корбут, Романовский, 1960). В этих рекомендациях предлагаются следующие научно-организационные мероприятия:

- 1) Создание при АН СССР междуведомственного научного Совета по применению математических методов и вычислительных средств в экономике (пункт фактически выполнен, междуведомственный совет во главе с В.М. Глушковым создан 4 сентября 1963 г. при Госкомитете по науке.
- 2) Создание в АН СССР института экономико-математических методов (пункт выполнен, в 1963 был создан ЦЭМИ АН СССР во главе с Н.П. Федоренко).
- 3) Усиление преподавания математики в экономических вузах и на экономических факультетах; усиление подготовки специалистов по математической экономике и математической статистике (пункт выполнен, в нескольких вузах были созданы факультеты экономической кибернетики, где-то кафедры).
- 4) Организация при вычислительных центрах, учебных и отраслевых научно-исследовательских институтах, совнархозах и крупных промышленных предприятиях лабораторий, занимающихся вопро-

сами практического применения математических методов (пункт выполнен, крупные предприятия и совнархозы стали создавать свои вычислительные центры, закупая для этого разную технику и программное обеспечение. В 1961 году создан Математико-экономический отдел Института Математики Сибирского отделения Академии наук СССР в г. Новосибирске, под руководством Л.В. Канторовича).

5) Создание специализированного журнала по математической экономике, а также освещение этого круга вопросов в математических и экономических журналах (пункт выполнен, с 1965 году выходит журнал «Экономика и математические методы», учрежденный в 1993).

6) Широкое издание отечественной и переводной научной и учебной литературы (пункт выполнен, часть переводов делалась только для научных библиотек, но именно для них это и было нужно).

Президиум АН СССР рассмотрел итоги совещания и предложенные рекомендации, одобрил работу совещания и рекомендации и включил проблему применения математических методов в экономике в число важнейших проблем Академии наук СССР.

И все же, что-то пошло не так практически с самого начала. Сначала это почти незаметно. Эпизод с исключением из партии А.В. Китова, предложившего в 1959 году проект по управлению экономикой на основе сети из мощных вычислительных центров (Шилов, 2018), может показаться почти недоразумением, плодом глупости людей, сильно ушибленных идеологическими догмами. В самом деле, во-первых, руководство СССР частично поддержало содержащиеся в первом письме А.И. Китова на имя Н.С. Хрущева предложения – в мае того же 1959 года было принято совместное Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР об ускоренном создании новых ЭВМ и широком их использовании в народном хозяйстве. Жесткая реакция последовала на его второе письмо Н.С. Хрущеву. Но тут важно отметить сам факт повторного обращения к первому лицу государства через голову непосредственных начальников и министра обороны. Такого не прощают, причем не только в армии.<sup>7</sup>

Разумеется, можно предположить, что реализация проекта А.И. Китова по созданию сети вычислительных центров для управления народным хозяйством противоречила интересам тех, кто не хотел выпускать из рук «рычаги управления». Отчасти так оно наверняка и было, но это – абсолютно рабочая ситуация. Так было, есть и будет с предложениями крупных перемен при любом политическом строе.

Гораздо интереснее вопрос о том, можно ли было обеспечить объединенные в сеть вычислительные центры информацией, необходимой для оперативного принятия решений. Речь даже не о том, чтобы обеспечить возможность полной автоматизации принятия экономических решений, а о том, готовы ли нижние звенья управления передавать в эти центры (фактически вверх) достаточно полную и достоверную информацию о ситуации на местах, не опасаясь последствий. Этот вопрос можно детализировать и поворачивать разными способами, но при трезвом его осмыслении с опорой на известные к настоящему времени факты и игровые модели ответ будет отрицательным, как бы ни хотелось обратного. Тот же вопрос встал в полный рост, когда В.М. Глушков предложил свой проект создания Общесоюзной государственной системы управления (ОГАС)<sup>8</sup>, но самое интересное и примечательное, что об этом практически не говорили, хотя наверняка многие догадывались, что априори подразумеваемый положительный ответ нуждается, как минимум, в открытом обсуждении. Но тут снова «тонкий лед», даже очень тонкий. Кто жил в то время, поймет без объяснений. Но кое-что пояснить все же стоит.

Ставить вопрос о том, предоставят ли руководители нижнего уровня полную и достоверную информацию в единую сеть было почти неприлично, как-то сразу получалось, что не очень веришь в преимущества социалистического строя и порядочность советских людей. Более того, от грамотных экономистов, делающих карьеру на критике буржуазной экономической науки, можно было получить обвинение в приверженности глубоко враждебной социализму теории Фридриха фон Хайека, причем не без оснований. Основной темой его книги «Дорога к рабству» (Науек, 1944) было рождение фашизма из духа социализма, но важное место в ней, как и во всем творчестве Хайека, отводилось «рассеянной» и «скоipopортящейся» информации о быстро и постоянно изменяющихся конкретных условиях и параметрах текущей деятельности в сфере экономики, причем информации гигантского объема. А своеобразным **«сгустком информации» он считал цены**. И самое главное, он был в чем-то прав. Цены несут очень важную для хозяйственной деятельности информацию. Просто так их отбросить нельзя.

Тут уместно добавить, что Л.В. Канторович назвал переменные двойственной задачи объективно обусловленными оценками специально, чтобы обвинения в том, что он продвигает идеологически вредный субъективистский подход к ценообразованию, выглядели неэстетично. Канторович поддерживал ОГАС, но придавал **ценам на основе объективно обусловленных оценок** очень большое значение, возможно, гораздо большее, чем объединению вычислительных центров в единую сеть.

Идея ОГАС во многом продолжает ранее высказанную идею А.И. Китова, но ситуация другая, причем не только в целом по стране, но и на микроуровне, если пользоваться терминами экономической

<sup>7</sup> О том, что речь шла об управлении народным хозяйством, а это вне компетенции военных начальников, можно порассуждать на диване в компании таких же не служивших в армии и не нарушавших субординацию в силу особых обстоятельств джентльменов. Автор статьи служил, субординацию нарушал, о последствиях в курсе.

<sup>8</sup> Разработка проекта ОГАС началась согласно постановлению ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об улучшении руководства внедрением вычислительной техники и автоматизированных систем управления в народное хозяйство» (21 мая 1963)

науки. Автор проекта (А.М. Глушков) не обращается к первым лицам государства через голову начальства, он сам – руководитель крупного академического института, его поддерживают коллеги по отделению математики и сам Президент АН СССР М.В. Келдыш. Иначе говоря, его обращение к высшему руководству страны соответствует всем формальным правилам. И до 1964 года все идет точно по плану, хотя недоброжелатели, разумеется, есть. О них Виктор Михайлович в своих воспоминаниях высказался без компромиссов и ссылок на смягчающие обстоятельства (см. Малиновский, 1995). Главный и весьма агрессивный противник – ЦСУ СССР. На самом деле и с единомышленниками не все просто. Некоторые из тех, кто горячо поддержал ОГАС, мягко советуют не настаивать на идее отказа от денег (М.В. Келдыш), другие поддерживают проект, но одновременно выступают за хозрасчет (В.С. Немчинов), а третьи готовы поддержать, а затем успешно реализуют идею хозрасчета (К.Н. Руднев). Примечательно, что все эти люди оказали ОГАС самую большую поддержку, о чем сам Виктор Михайлович вспоминает с благодарностью. В том числе он благодарен В.М. Келдышу за совет не настаивать на отказе от денег, чтобы «не возбуждать ненужные страсти». Разумеется, такая идея могла бы поднять такую волну негатива, что смысла бы все полезные идеи. Возможно, речь шла об отказе от наличных денег, но ниоткуда это не следует. А именно через «голосование рублем» устанавливается связь от потребителя к производителю через тех, кто планирует производство. В идеале это связь через рыночные цены, но даже ответ типа «покупают» или «не покупают» содержит больше информации, чем отсутствие ответа. Возможно, какое-то решение этого вопроса у разработчиков исходного проекта ОГАС было, записку в ЦК об этом В.М. Глушков писал, но убедить ЦК ему не удалось. Тем не менее полезно помнить, что **в исходном проекте ОГАС идея отказа от денег присутствовала**. Но вряд ли в этом следует видеть идею современного подхода к системе платежей кредитными и дебитными картами.

А в 1964 году случилось много событий, В.М. Глушков стал действительным членом АН СССР, а в марте (18 и 23 марта 1964 г.) состоялась дискуссия с участием виднейших математиков и экономистов, по материалам которой в 1995 году вышла книга «Экономисты и математики за круглым столом». В дискуссии принимают участие крупные (мирового уровня) математики — академики С.Л. Соболев, В.М. Глушков, А.А. Дородницын и будущий нобелевский лауреат Л.В. Канторович, а также видные советские экономисты — академики В.С. Немчинов, Н.П. Федоренко и (заочно) С.Г. Струмилин. В дискуссии также участвует основной идеолог косыгинской реформы — Виктор Данилович Белкин — на тот момент кандидат наук и заведующий лабораторией в НИИ электронных управляющих машин. Тогда в 1964 году он менее всех остальных участников дискуссии обременен званиями и степенями, но именно его идеи фактически уже приняты руководством страны и скоро должны лечь в основу реформы. Дискуссия отличалась большим накалом страстей. Свое понимание происшедшего тогда в зале я изложил в экономическом эссе «Три утопии и призрак коммунизма за круглым столом». В интернете ее легко найти по названию. Примечательно, что все были за математические методы, зато много и очень горячо дискутировали о **ценах и глобальном критерии оптимальности**. Некоторые математики выдвигали тезис: «пусть экономисты сформулируют критерий, тогда мы все посчитаем». В 1982 году по этому вопросу состоялась отдельная дискуссия, где оптимизма было уже меньше, но отдельные из представителей данного направления до сих пор верят, что такой критерий можно сформулировать, собрать под него информацию, посчитать и сделать нас счастливыми. Однако **стержнем дискуссии стал вопрос о ценах**. Три принципиально разные точки зрения были представлены Л.В. Канторовичем, В.Д. Белкиным и критиковавшим Канторовича А.Я. Боярским. Дискуссии между Л.В. Канторовичем и В.Д. Белкиным не было, хотя их позиции различались очень существенно. Наличие разногласий в вопросе о ценах здесь важно по той причине, что **именно цены сигнализируют о потребностях**, если они рассчитаны правильно на основе предпочтений тех, для кого работает экономика, и имеющих ограничения, в том числе, по невоспроизводимым ресурсам. Если это не так, цены превращаются в своего рода «кривое зеркало».

А 14 октября со всех постов был снят Н.С. Хрущев, что привело к неизбежным кадровым перестановкам. Сразу же встал вопрос об отмене совнархозов и переходе к отраслевой системе, а у отраслей появились интересы и лоббисты, хотя слова такого в СССР не было. Почти тогда же 5 ноября умер В.С. Немчинов. О том, как проект ОГАС столкнулся с эгоистическими интересами разных ведомств, начал пробуксовывать, и как ему мешали отдельные лица, в том числе, некоторые ученые-экономисты, написано много. В монографии (Малиновский, 1995) приводятся слова самого Глушкова.

*Начиная с 1964 года (времени появления моего проекта) против меня стали открыто выступать ученые-экономисты Либерман, Белкин, Бирман и другие, многие из которых потом уехали в США и Израиль (см. Малиновский, 1995).*

Здесь стоит заметить, что Белкин никуда не уезжал, был горячим сторонником применения вычислительной техники в экономике и цен на основе модели межотраслевого баланса. Высказываемые им

тогда идеи были вполне созвучны идеям В.С. Немчинова, много занимавшегося межотраслевым балансом и к тому же разделявшего идеи Е.Г. Либермана, высказанные в знаменитой статье в Правде<sup>9</sup>. Благодаря той статье реформа 1965 года получила название реформы Косыгина-Либермана (Ханин, 2008). И снова собственная речь Глушкова.

*Но наши горе-экономисты сбили Косыгина с толку тем, что, дескать, экономическая реформа вообще ничего не будет стоить, т. е. будет стоить ровно столько, сколько стоит бумага, на которой будет напечатано постановление Совета Министров, и даст в результате больше. Поэтому нас отставили в сторону и, более того, стали относиться с настороженностью. И Косыгин был недоволен. Меня вызвал Шелест и сказал, чтобы я временно прекратил пропаганду ОГАС и занялся системами нижнего уровня (см. Малиновский, 1995).*

Строго говоря, Косыгина не так уж трудно было убедить в необходимости рыночных реформ в ограниченном объеме под названием «хозрасчет». Такую реформу он пытался начать еще при И.В. Сталине и с одобрения И.В. Сталина, но она была прервана в 1953 году практически сразу после смерти вождя.

А в сентябре 1965 г. состоялся пленум ЦК КПСС, на котором был восстановлен отраслевой принцип руководства экономикой и вновь создано девять общесоюзных машиностроительных гражданских министерств, в том числе Министерство приборостроения, средств автоматизации и систем управления (Мин-Прибор). Его руководителем в ранге Министра СССР был назначен К.Н. Руднев – горячий сторонник внедрения вычислительной техники в народное хозяйство и не менее горячий сторонник либерализации экономических отношений, то есть перехода к хозрасчету или рыночных реформ.

*Став министром МинПрибора, Руднев активно поддержал реформу, собственно, его мнение о необходимости реформы сформировалось ещё когда он работал председателем ГКНТ и инициировал работы по совершенствованию экономического механизма страны. В августе 1964 г. его заместителем по ГКНТ академиком В. А. Трапезниковым была опубликована статья «За гибкое экономическое управление предприятиями», в которой предлагались новые методы хозяйствования.*

Цитата взята из публикации **В. Н. Ильин, Константин Николаевич Руднев. К 100-летию со дня рождения**<sup>10</sup>. К этой публикации далее придется не раз вернуться, поскольку в ней приводится много интересных оценок и фактов, свидетельствующих в пользу реформы 1965 года, что говорит о неоднозначности тех событий.

#### **6. «Либерман и Глушков в одном флаконе. Результат получился замечательный»**

Заголовок этого подраздела можно было бы принять за издевательство, если бы это не было цитатой из текста о замечательном руководителе К.Н. Рудневе, успешно осуществившем реформу по переходу к хозрасчету в Министерстве приборостроения СССР. Стоит привести цитату целиком.

*Использование системы «АСУ-прибор» в хозрасчётной отрасли можно рассматривать как творческий вклад Руднева в реализацию хозяйственной реформы, его «ноу-хау». С одной стороны - хозрасчёт с его практически рыночными принципами получения прибыли по Либерману, с другой стороны – «АСУ-прибор», система жёсткого управления работой промышленности типа ОГАСУ по Глушкову. Возникла своеобразная интеграция рыночного и планового принципов развития экономики. Так сказать, Либерман и Глушков в одном флаконе. Результат получился замечательный.<sup>11</sup>*

Согласно исследованию (Ищенко, 2012),

*АСУ-Прибор была одной из самых развитых систем в стране и включала около 35 подсистем, основными из которых являлись: перспективное планирование развития и размещения предприятий и организаций отрасли, технико-экономическое планирование, оперативное управление, управление материально-техническим обеспечением, управление комплектацией, управление финансовой деятельностью, капитальное строительство и техническое перевооружение, управление развитием науки и техники, управление техническим уровнем и качеством выпускаемой продукции, управление транспортными перевозками, сбытом продукции, управление ценообразованием, кадрами и т.д.*

В 1982 г. создатели этой системы, в том числе К. Н. Руднев (посмертно), были удостоены премии Совета Министров СССР. В том числе, за разработку подсистемы «перспективное планирование» премию

<sup>9</sup> Статья профессора Е. Г. Либермана "План, прибыль, премия", опубликована в газете «Правда» от 9 сентября 1962 г..

<sup>10</sup> Публикатор - В. Н. Ильин, профессор, д. т. н., заведующий кафедрой Московского авиационного института. 21.06.2011, текст доступен по ссылке [http://www.za-nauku.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&id=4310](http://www.za-nauku.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=4310)

<sup>11</sup> Там же

получили В.Л. Макаров и В.Д. Маршак, руководившие этой разработкой в Институте математики СО АН СССР. Автор данной статьи также участвовал в разработке этой подсистемы, причем на том уровне, где разрабатывали алгоритмы и вычислительные схемы, писали код, вводили данные и много времени проводили в машинном зале, в том числе, иногда целыми ночами. Впечатления от этого периода жизни очень пестры и многоплановы. Некоторым шоком был переход с БЭСМ-6 на ЕС-1020, необходимость в этом возникла в связи с требованием стандартизации и совместимости подсистем, пришлось смириться. Другим сильным впечатлением стал случай, когда сверху (из министерства) спустили цифры, которые должны были быть получены в качестве оптимального плана. У моих старших товарищей (мне было 23) это вызвало сначала гомерический хохот, потом долгий поток едких шуток. Позже жизнь научила меня не торопиться с выводами относительно абсурдности принимаемых кем-то решений, если не знаешь всех обстоятельств, которые принимались в расчет. Но тогда это был очень холодный душ.

И все же самое глубокое и в чем-то горькое впечатление осталось от непонимания со стороны коллег-математиков моих тогдашних инициатив по использованию совместимой со стимулами схемы распределения ресурсов. Кстати, руководивший разработкой экономист В.Д. Маршак идею понял и поддержал, в том числе, помог опубликовать (Козырев, 1975). Он, собственно говоря, и ставил задачу, но ее решение преподносилось как некоторое дополнение к предложенной им самим схеме.

Между тем, между непонимания со стороны математиков состояла в том, что они мысли не допускали о необходимости согласовывать интересы организаций, стоящих за блоками матрицы, связанными общими ограничениями по ресурсам. Решением задач линейного программирования с блочной структурой в нашем отделе<sup>12</sup> занимались давно и плодотворно, причем ухитрялись решать на очень посредственных машинах прикладные задачи большой размерности, виртуозно используя и структуру задач, и особенности машин. Позже эти методы были изложены в монографии (Булавский, Звягина, Яковлева, 1977). Однако их подход был классическим для математиков вычислителей. Сначала формулируются все условия, потом решается задача. Если задача сформулирована правильно, все ограничения учтены, все коэффициенты известны, то не имеет значения, каким образом решается задача. Экономическая суть важна только при постановке задачи и при интерпретации результатов ее решения. Этим могут заниматься экономисты и пусть занимаются, а математики занимаются именно математикой, остальное от лукавого. О том, что организации, стоящие за блоками, могут не дать информацию, математики даже слышать не хотели.

Иначе к этому подходил В.Д. Маршак. Он видел за блоками главки Минприбора с их начальниками и интересами. Его изначальная идея была очень проста. Суть ее в том, что надо давать ресурсы отстающим, чтобы не было слабых звеньев. А потому в блоке «Перспективное планирование» была заложена схема распределения ресурсов, обеспечивающая выравнивание показателей. Задача для каждого блока решается отдельно. Становятся известны двойственные оценки, в том числе, оценка распределяемого ресурса в каждом блоке. После этого дополнительные ресурсы направляются туда, где оценка ниже. Это выглядит парадоксально, поскольку противоречит общепринятой на тот момент точке зрения, что давать надо тем, кто «эффективнее использует ресурсы», иначе говоря, где их оценка выше. Однако, это приводит к перевыполнению плана по одним показателем и провалу по другим. В условиях, когда в отчете надо писать, что все показатели перевыполнены не менее, чем на сколько-то процентов, правильно именно решение по Маршаку. Оно даже идеально, если распределяется один-единственный ресурс, например, деньги. Но в реальности все не так, даже сегодня деньги выделяются целевым образом, а тогда были лимиты по расходованию на разные цели, то есть фактически распределялись ресурсы в натуральном виде. И вот тут получалось не очень хорошо, общее решение оказывалось неэффективным, то есть оно не было оптимально по Парето. Маршак попросил меня исправить эту недоработку.

Практически сразу я увидел ту схему, которая описана в подразделе 3 настоящей статьи. Сложнее было справиться с ситуацией, когда двойственные оценки ресурсов определяются неоднозначно. С точки зрения математики это вырожденный случай, когда срабатывают одновременно больше ограничений, чем имеется переменных. Случайно так получиться может лишь с вероятностью ноль. Но тут мы имеем дело не со случайностью, а потому такие ситуации – неизбежность. Поразмыслив, я понял, что задача эффективно решается и в этом случае. Геометрически это выглядит довольно изящно. Если двойственные оценки для задачи конкретного блока определяются неоднозначно, то надо взять их выпуклую оболочку, получается многогранник. Если рассмотреть сразу все блоки, то имеем картинку, когда в неотрицательном ортанте многомерного евклидова пространства висит набор многогранников. Надо найти луч, сумма квадратов расстояний которого от набора многогранников минимальна. Потом выбирают ближайшие к лучу точки всех многогранников, проектируются на луч. Разности между векторами (выбранными точками) и их проекциями – желательные направления обмена. Их сумма ноль. Можно обмениваться ресурсами в таких пропорциях, пока в каком-то блоке не сработает новое ограничение. После этого соответствующий многогранник расширяется за счет присоединения еще одной вершины. Снова ищется луч и так далее до ситуации, когда луч проткнет все многогранники.

---

<sup>12</sup> Математико-экономическое отделение Института математики СОАН СССР.

Эта геометрическая история великолепно ложится на язык протоколов и смарт-рынков. Но в далеком уже 1975 году в этих терминах никто проблему не обсуждал. Экономистам тяжело давалась математика, сколько бы их ни готовили на специально созданных факультетах. Как только речь заходит о геометрии в многомерных пространствах, все становится на место. А математики любят играть в игрушки под названием «настоящие задачи». На практике это может означать, что должны быть трудности, преодоление которых требует высокой математической техники. И эта проблема вечная.

Между тем реформа в МинПриборе прошла три этапа, набирая обороты, расширяясь и углубляясь, за 3 пятилетки 1965-1980 объём производства в МинПриборе в 8,2 раза, тогда как по промышленности СССР в целом только в три раза. Как пишет В. Н. Ильин,

*Выполнение финансовых обязательств перед государством обязывало министерство поднять систему управления отраслью на новый уровень. Это было сделано с помощью отраслевой автоматизированной системы управления «АСУ-Прибор», впервые созданной и использованной в управлении народным хозяйством в отраслевом масштабе. Создание и внедрение этой системы «АСУ-Прибор» позволяло Рудневу оперативно получать всю информацию о состоянии дел на каждом предприятии и своевременно принимать решения, или, как он говорил, «запустить ежа за пазуху директору» для устранения недостатков, если таковые имели место.*

Речь идет об оперативном получении информации и своевременном принятии решений, а не об оптимизации в принятии оперативных решений и даже не об оптимальном планировании. Между тем, подсистема «Перспективное планирование», где оптимизация реально использовалась, послужила прототипом для аналогичных систем в космической отрасли и Министерстве вооружений, эти системы разрабатывались совместно с отраслевыми институтами и даже использовались по назначению. Описание системы есть в книге (Анцыз и др., 1979). Примечательно и то, что представители этих институтов сами выходили на Институт математики СО АН СССР с предложениями о сотрудничестве. Была создана совместная лаборатория с НИИ «Агат», приобретена машина ЕС-1050. Успех? На общем фоне – да! Но тут уместно вспомнить принцип, по которому ресурсы направляются на слабые места, и задуматься.

#### **7. Вместо заключения. Страсти по ЭВМ серии ЕС и обаяние тоталитарного мышления.**

Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР об ускоренном создании новых ЭВМ и широком их использовании в народном хозяйстве, принятое в мае 1959 года, было воспринято с энтузиазмом на самых разных уровнях управления. Крупные предприятия и совнархозы начали создавать свои вычислительные центры, закупать разнообразную вычислительную технику и программное обеспечение, а также разрабатывать свое собственное. У множества талантливых людей появилась возможность реализовать свои идеи. Период между 1959 и 1969 годом – это расцвет творчества в области разработки оригинальной вычислительной техники и языков программирования. О том, как это было, написано много замечательных текстов. Было ли это распылением ресурсов, когда выделяли «каждой сестре по серье», или это был праздник творческой инженерной мысли, когда был шанс обогнать США? На этот вопрос есть разные ответы, в том числе, взаимоисключающие. А в 1969 году состоялось знаменитое совещание в Радиопроме, на котором было принято решение не распылять ресурсы и делать серию ЕС ЭВМ, копируя во многом IBM/360. Вот как об этом вспоминает Б.А. Бабаян.

*В то время в СССР многие коллективы делали разные машины, а потом стали копировать американские ЭВМ серии IBM/360, что не очень хорошо. Расчет был на то, что можно будет использовать зарубежное программное обеспечение — и в СССР наступит расцвет вычислительной техники. Этого, конечно, не произошло. Потому что после того, как все разработчики были собраны в одно место, творчество закончилось (Бабаян, 2018).*

Но и после этого многие конструкторы ЭВМ продолжали сопротивляться и делать свои машины. В частности, С.А. Лебедев, резко выступавший против копирования IBM/360, стал делать Эльбрус. На совещании 1969 года он выступал за то, чтобы вместе с англичанами конкурировать с американцами при переходе к ЭВМ четвертого поколения. Он считал такой союз реальным, а прорывные идеи были и у него самого, и у англичан, причем дополняющие идеи. При объединении пазл мог сложиться.

О том, «из какого сора» растут иногда блестящие начинания и как они гибнут, можно рассказать много историй, но мало что можно сравнить с историей машины «Сетунь», разработанной Н.П. Брусенцовым при участии и решающей поддержке С.Л. Соболева. Началось все с того, что на выборах в академики 23 октября 1953 года Соболев проголосовал за С.А. Лебедева, а не за И.С. Брука. Исаак Семенович обиделся и отменил передачу М-2 университету. И что же произошло.

*По словам Брусенцова, С.Л. Соболев, узнав об этом, сказал: "Может, это к лучшему. Надо при создаваемом ВЦ МГУ организовать проблемную лабораторию по разработке ЭВМ для использования в учебных заведениях". И добился перевода Брусенцова на механико-математический факультет (Малиновский, 1995).*

И дело пошло, а 1958 году был создан опытный образец машины с троичным кодом, не имеющий аналогов в мире. А потом Соболев поехал поднимать науку в Сибири, где стал директором Института математики СО АН СССР. И снова слово Брусенцову.

*К сожалению, золотой век участия Соболева в нашей работе закончился в начале 60-х годов с его переездом в Новосибирск. Все дальнейшее стало непрерывной войной с ближним и прочим окружением за право заниматься делом, в которое веришь.*

И все же Постановлением Совмина СССР серийное производство ЭВМ "Сетунь" было поручено Казанскому заводу математических машин. Первый образец машины демонстрировался на ВДНХ. Второй пришлось сдавать на заводе, потому что заводские начальники при помощи присланной из Минрадиопрома комиссии пытались доказать, что машина (принятая Межведомственной комиссией и успешно работающая на ВДНХ) неработоспособна и не годится для производства. В итоге 30 машин Казанский завод все же выпустил, они отлично работали, а потом их выпуск был прекращен (Малиновский, 1995).

Когда читаешь такие истории, то всегда поражаешься, как это могло быть. Ведь были замечательные конструкторы и не менее замечательные руководители отраслей, главков, заводов – изготовителей сложной техники. Но почему-то уникальные, опережающие мировой уровень разработки могли нормально существовать, пока их поддерживал кто-то, чье имя, как имя Соболева, открывало закрытые для других двери. А замечательным руководителям мешало распыление средств на разработки, по странному стечению обстоятельств оказавшиеся не у них под крылом. Тут уместна еще одна цитата.

*Надо сказать, что в 60-х г. вычислительная техника – ключ к развитию высоких технологий – не была выделена в отдельную ветвь промышленности, а развивалась каждой отраслью самостоятельно, под свои отраслевые задачи. В результате бюджетные средства для этого развития распылялись и выделялись отраслям по принципу "каждой сестре по серьге". Константин Николаевич видел бесперспективность такого подхода и предлагал создать Государственный комитет по вычислительной технике, который должен был стать единым организационным, руководящим и координирующим центром по развитию вычислительной техники. Однако это перспективное предложение натолкнулось на упорное сопротивление отраслей, занимавшихся созданием собственной вычислительной техники для своих нужд. Они боялись, что создание такого специализированного центра сократит финансирование отраслевых разработок вычислительной техники (В. Н. Ильин. Там же).*

Что тут можно сказать. Правильно боялись. Можно сказать, что «ведомственный интерес возобладал над общегосударственным». А можно с не меньшим основанием сказать, что они защищали дело, в которое верили. И это практически всегда правда. Не были исключением и проекты по управлению отраслями, предприятиями и экономикой СССР в целом с применением математических методов и вычислительной техники. Начиная с 1964 года на этом поле шла непрерывная борьба идей, интересов, отдельных ведомств и вполне конкретных людей, отстаивающих свои идеи.

Проект ОГАС был окончательно разработан к 1980 году. Был достигнут компромисс с учетом, как считалось, и общегосударственных интересов, и интересов отдельных ведомств. Итоговая концепция ОГАС, как оказалось, не устраивала практически никого. Реализация проекта стала дороже, по сравнению с первоначальным вариантом, в 8 раз, а воплотить его в жизнь стало намного сложнее. Проект так и остался на бумаге. Из того, что предлагали А.И. Китов и В.М. Глушков, часть идей была частично реализована на предприятиях советского военно-промышленного комплекса и в Госплане Украинской ССР.

Здесь необходимо отметить, что есть принципиальная разница между военно-промышленным комплексом (ВПК) и экономикой СССР в целом. Предприятия ВПК могли позволить себе достаточно легко избавляться от неумелых и нерадивых работников, в целом же по стране безработица должна была оставаться нулевой, а потому где-то всем находилось место. Даже без учета других обстоятельств это делало возможным установить гораздо более жесткую трудовую дисциплину и, в том числе, более жестко спрашивать за достоверность информации, поставляемой с нижних уровней верхним, если это было действительно нужно. Вместе с тем обстановка секретности позволяла выглядеть хорошо даже при наличии проблем. Однако при всех недостатках гражданского сектора там было больше свободы как в части творчества, так и в части критики начальства или достижений своего коллектива. Наконец, в ОПК совершенно иначе оценивается эффективность работы информационных и практически любых других систем, а результаты сравнений редко становятся предметом публичных обсуждений.

В заключение хочется отметить фундаментальный характер противоречий между идеей унификации техники и объединения вычислительных центров в единую сеть, с одной стороны, и стремлением к разнообразию, возможности делать дело, в которое веришь, с другой стороны. Фундаментальное алгебраическое свойство информации (знаний) – идемпотентность сложения ( $a + a = a$ ). А потому поговорка «не надо изобретать велосипед» и забота об объединении в единую сеть – это об одном и том же. В пользу этой позиции можно привести много аргументов. Другая сторона проблемы и, соответственно, другая позиция – необходимое разнообразие. Разнообразие необходимо, чтобы одна ошибка не привела к катастрофическим последствиям, чтобы не потерять гениальные идеи, случайно возникшие не

там, где им полагалось возникать по уставу. Здесь тоже можно продолжать список причин. Возникающее здесь противоречие в нашей стране очень редко разрешалось тщательным взвешиванием всех доводов, чаще вопрос решался соотношением сил. Отсутствие члена политбюро, лично курирующего проект, сразу делало его уязвимым в конкуренции с другими проектами. Смена первого государства в 1964 году сразу изменила баланс сил и судьбу проекта ОГАС. Список можно продолжать, в том числе и до наших дней, хотя нет уже ни КПСС, ни СССР. Современная теория игр, как уже говорилось в начале статьи, ищет рациональные подходы к разрешению таких проблем и дает политикам шанс. Будет ли он использован? Скорее всего, нет, поскольку история, как известно, только наказывает за ошибки, но не учит.

#### Литература:

1. Анцыз С. М., Макаров В. Л., Маршак В. Д., Фелелов В. Ф. (1979), Математическое обеспечение перспективного отраслевого планирования / Новосибирск: Наука, 1979. - 271 с.
2. Бабаян Б.А. (2018), В архитектуре вычислительных систем мы были и остаемся первыми // Цифровая экономика, 2018, выпуск 3(3), с.70-81.
3. Белкин В.Д. (1993), Тернистый путь экономиста. - М.: Дело: Акад. нар. хоз-ва при Правительстве Рос. Федерации, 2003. – 199 с.
4. Булавский В.А., Звягина Р.А., Яковлева М.А. Численные методы линейного программирования (специальные задачи), М.: Наука, 1977. - 368 с.
5. Давыдов Ю., Лопатников Л. (1965), Экономисты и математики за круглым столом. М.: «Экономика». – 1965.
6. Ищенко А.М. (2012), Становление и развитие приборостроительной отрасли в СССР 1927-1990 гг. – автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук по специальности 08. 00. 01- экономическая теория
7. Канторович, Л.В. (2002), "Смотреть на правду открытыми глазами..." в кн. Леонид Витальевич Канторович: человек и ученый. В 2-х т. Т. 1. Новосибирск: Изд-во СО РАН. Филиал "Гео", 2002. 542 с.
8. Канторович Л.В. (1959), "Экономический расчет наилучшего использования ресурсов", 1959 г.
9. Козырев А.Н. (1975), Оптимизация распределения ресурсов в системе линейных моделей производства. Оптимизация 16 (33), 1975. с. 62-72.
10. Козырев А.Н. (2020), Совместимость стимулов, цифровизация и торговля знаниями // Цифровая экономика. 2020 вып. 1(9), с. 5-20.
11. Колмогоров А.Н. (1965), Три подхода к определению понятия «количество информации»// Проблемы передачи информации. Т. 1, №1. С.3–11
12. Корбут А. А., Романовский И. В. (1960), Первое Всесоюзное математико-экономическое научное совещание, УМН, 1960, том 15, выпуск 6(96), 191–204
13. Коуз Р, (1993) Фирма, рынок и право
14. Макклоски, Д. (2015) Риторика экономической науки. Второе издание [Текст] / пер. с англ. О.Якименко; науч. ред. перевода Д.Расков,—М.; СПб: Изд-во Института Гайдара; Издательство «Международные отношения», Факультет свободных искусств и наук СПбГУ, 2015.— 328 с.
15. Малиновский Б.Н. (1995) История вычислительной техники в лицах. К.: фирма "КИТ", ПТОО "А.С.К."; Киев; 1995. – 305 с.
16. Шилов В.В. (2018), Пионер кибернетики Анатолий Иванович Китов// Цифровая экономика, №1(1), 2018, с.56-58.
17. Ханин Г.И. (2008), Экономическая история России в новейшее время: монография: В 2 т. / Г.И. Ханин; Новосиб. гос. техн. ун-т. – Новосибирск, 2008. – Т. 1. Экономика СССР в конце 30-х годов – 1987 год. – 516 с. (Серия «Монографии НГТУ»).
18. Arrow, K. J. (1962), Economic welfare and the allocation of resources for invention. The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors. Princeton University Press, Princeton NJ, 609–625.
19. Babaioff, M., Kleinberg, R. and Leme, R. Paes (2012): "Optimal Mechanisms for Selling Information," in Proceedings of the 13th ACM Conference on Electronic Commerce, EC '12, pp. 92-109.
20. Coase, R. (1988) The Firm, the Market and the Law. University of Chicago.,
21. Hayek The Road to Serfdom. The University of Chicago Press
22. Hurwicz, L. (1960) "Optimality and Informational Efficiency in Resource Allocation Processes" in Mathematical Methods in the Social Sciences, edited by Arrow, Karlin and Suppes, Stanford University Press.
23. Hurwicz, L. (1972) "On Informationally Decentralized Systems" in Decision and Organization, edited by C.B. McGuire and R. Radner, North Holland, Amsterdam.
24. Hurwicz, L., (1979) "Outcome Functions Yielding Walrasian and Lindahl Allocations at Nash Equilibrium Points," Review of Economic Studies, 46, 217--225. Ковалев А. В. (2018) Экономическая теория: назад в будущее// Вопросы теоретической экономики, №2, 2018, с. 47–57
25. Pickhardt M (2001) Fifty years after Samuelson's " The Pure Theory of Public Expenditure" 52nd International Atlantic Economic Conference Philadelphia, USA, 12-14 October, 2001
26. Pitkethly R. (2002). The valuation of patents: a review of patent valuation methods with consideration of option based methods and the potential for further research. Background paper for discussion at

first meeting of High Level Task Force on Valuation and Capitalization of Intellectual Assets. United Nations. Economic Commission for Europe. Geneva, 18-19 November 2002.

27. Samuelson, P. (1954). The pure theory of public expenditure. *Rev. Econom. Statist.* 36(4) 387–389.
28. Shannon, C.E. (1948), A Mathematical Theory of Communication // *Bell System Technical Journal*. — 1948. — Т. 27. — С. 379—423, 623—656
29. Smolin, A. (2019) Disclosure and Pricing of Attributes, Munich Personal RePEc Archive. Online at <https://mpa.ub.uni-muenchen.de/91583/MPRA>

#### References in Cyrillics

1. Ancyz S. M., Makarov V. L., Marshak V. D., Fefelov V. F. (1979) *Matematicheskoe obespechenie perspektivnogo otraslevogo planirovaniya* / Novosibirsk: Nauka, 1979. - 271 s.
2. Babayan B.A. (2018) V arxitekture vy`chislitel`ny`x sistem my`by`li i ostaemsya pervy`mi // *Cifrovaya e`konomika*, 2018, vy`pusk 3(3), s.70-81.
3. Belkin V.D. (1993). - M.: Delo: Akad. nar. xoz-va pri Pravitel`stve Ros. Federacii, 2003. — 199 s.
4. Bulavskij V.A., Zvyagina R.A., Yakovleva M.A. *Chislenny`e metody` linejnogo programmirovaniya (special`ny`e zadachi)*, M.: Nauka, 1977. - 368 s.
5. Davy`dov Yu., Lopatnikov L. (1965) *E`konomisty` i matematiki za krugly`m stolom*. M.: «E`konomika». — 1965.
6. Ishhenko A.M. (2012) Stanovlenie i razvitie priborostroitel`noj otrasli v SSSR 1927-1990 gg. — avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata e`konomicheskix nauk po special`nosti 08. 00. 01- e`konomicheskaya teoriya
7. Kantorovich, L.V. (2002) "Smotret` na pravdu otkry`ty`mi glazami..." v kn. Leonid Vital`evich Kantorovich: chelovek i ucheny`j. V 2-x t. T. 1. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN. Filial "Geo", 2002. 542 s.
8. Kantorovich L.V. (1959), "E`konomicheskij raschet nailuchshego ispol`zovaniya resursov", 1959 g.
9. Kozyrev A.N. (1975), Optimizaciya raspredeleniya resursov v sisteme linejny`x modelej proizvodstva. *Optimizaciya* 16 (33), 1975. s. 62-72.
10. Kozyrev A.N. (2020), Sovmestimost` stimulov, cifrovizaciya i tovgovlya znaniyami // *Cifrovaya e`konomika*. 2020 vy`p. 1(9), s. 5-20.
11. Kolmogorov A.N. (1965) Tri podxoda k opredeleniyu ponyatiya «kolichestvo informacii»// *Problemy` peredachi informacii*. T.1, №1. S.3–11
12. Korbut A. A., Romanovskij I. V., (1960) *Pervoe Vsesoyuznoe matematiko-e`konomicheskoe nauchnoe soveshhanie*, UMN, 1960, tom 15, vy`pusk 6(96), 191–204
13. Kouz R, (1993) *Firma, ry`nok i pravo*
14. Makkloski, D. (2015) *Ritorika e`konomicheskoy nauki. Vtoroe izdanie [Tekst] / per. s angl. O.Yakimenko; nauch. red. perevoda D.Raskov,—M.; SPb: Izd-vo Instituta Gajdara; Izdatel`stvo «Mezhdunarodny`e otnosheniya», Fakul`tet svobodny`x iskusstv i nauk SPbGU, 2015.— 328 s. (Seriya «Novoe e`konomicheskoe my`shlenie»)*
15. Malinovskij B.N. (1995) *Istoriya vy`chislitel`noj texniki v liczax*. K.: firma "KIT", PTOO "A.S.K."; Kiev; 1995
16. Shilov V.V. (2018), Pioner kibernetiki Anatolij Ivanovich Kitov//*Cifrovaya e`konomika*, №1(1), 2018, s.56-58.
17. Khanin, G.I. *K 191 Economic History of Russia in XX century : monograph : in 2 v. / G.I. Khanin; Novosibirsk state technical University. — Novosibirsk, 2008. — V. 1. Soviet economy from the end 1930s to 1987. — 516 p. (Series «Monographs NSTU»).*

*Козырев Анатолий Николаевич (kozyrevan@yandex.ru)*

#### Ключевые слова

Совместимость стимулов, транзакционные издержки

**Anatoly Kozyrev, Incentive Compatibility, Digitalization and Knowledge Trade**

#### Keywords

Incentive compatibility, transaction costs

DOI: 10.34706/DE-2020-01-01

JEL classification: A 12 – Relation of Economics to Other Disciplines, C02 Mathematical Methods, C 79 – Game Theory and Bargaining Theory; Other, D 42 - Market Structure and Pricing: Monopoly, D 82 – Asymmetric and Private Information

#### Abstract

The article shows how the latest achievements in the field of algorithmic game theory can be adapted to formalize legal structures and automate procedures that are traditionally used in the trade of know-how, as well as other knowledge of limited access. It also presents a view from the perspective of modern game theory on the development of key moments in the history of the use of computer technology and mathematical methods for managing the economy of the USSR.