

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

Основы теории аукционов

(Нобелевская премия по экономике 2020 года)

К. И. Сонин^{1,2}

¹ *Чикагский университет (Чикаго, США)*

² *Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики» (Москва, Россия)*

Теория аукционов является ядром современной экономической теории, а стандартные аукционы — базовыми элементами множества моделей в микроэкономике, экономике общественного сектора и финансах. Теоретические исследования аукционов сформировали современное понимание экономической роли информации в работе конкурентного рынка и формировании рыночной цены. Прикладной анализ аукционов лег в основу важных практических механизмов — например, механизмов приватизации и ре-приватизации радиоспектра и государственных закупок. Нобелевская премия 2020 г., присужденная Роберту Уилсону и Полу Милгрому — это премия одновременно за вклад в создание основ теории аукционов и за разработку масштабных практических приложений.

Ключевые слова: теория аукционов, конкурентное ценообразование, аукционы радиочастот, Нобелевская премия по экономике.

JEL: D44, D47.

В первые десятилетия XXI в. теория аукционов стала ядром экономической теории. Прямо или косвенно в нее внесли вклад несколько нобелевских лауреатов по экономике. Милтон Фридмен, лауреат 1976 г., предложил использовать аукционы для размещения облигаций государственных займов. Рональд Коуз (премия 1991 г.) первым предложил использовать аукционы для создания конкурентных рынков. В 1996 г. премию получил Уильям Викри, первым начавший систематическое изучение разных форматов аукционов. За работы, непосредственно связанные с теорией аукционов, Нобелевской премии были удостоены Роджер Майерсон и Эрик Маскин (2007). Джон Нэш и Джон Харшаньи (1994) получили премию за создание экономических концепций и математических ин-

Сонин Константин Исаакович (ksonin@gmail.com), к. ф.-м. н., профессор Чикагского университета и НИУ ВШЭ.

струментов, с помощью которых была построена теория. С созданием и регулированием конкурентных рынков связан основной научный вклад Элвина Рота и Ллойда Шепли (2012), а также Жана Тироля (2014).

Роберт Уилсон и Пол Милгром, лауреаты 2020 г., внесли фундаментальный вклад, разработав теории аукционов с общей компонентой ценности и объяснив роль информации, частной и публичной, в формировании цены, ожидаемых выигрышей участников и доходов продавца. Они и группа специалистов, многие из которых были их учениками в Стэнфордском университете, сыграли решающую роль в дизайне крупнейших аукционов последних 30 лет — от первых аукционов на радиочастоты в начале 1990-х годов до комбинаторных аукционов второго десятилетия XXI в. Их работы связали абстрактные результаты высокой теории с конкретными приложениями.

Аукционы — продажа объекта конкурирующим претендентам на него — проводились с незапамятных времен. Греческий историк Геродот в V в. до н. э. упоминает аукционы, проводившиеся в древнем Вавилоне. В Римской империи кредиторы регулярно использовали аукционы для продажи активов, изъятых за неуплату у должников. В 193 г. н. э. преторианская гвардия, убив императора Пертинакса, выставила империю — точнее, титул императора — на аукцион. Старейший из ныне существующих аукционных домов в Стокгольме был основан в 1674 г. В 1744 г. лондонцы С. Бейкер и Дж. Лей основали аукционный дом — в наше время прославленный дом *Sotheby's*, самую престижную площадку для продажи предметов искусства.

На аукционах исторически продавались разные товары — свежая рыба, цветы, необработанные алмазы. Первичные размещения государственных облигаций, а с недавнего времени — и первичные размещения акций частных корпораций осуществляются с помощью аукционов. Правительства разных стран использовали аукционы для масштабной приватизации государственных активов — предприятий, прав на разработку недр, вылов рыбы или использование радиочастот. Аукционные процедуры (тендеры) массово используются для размещения государственных заказов на товары и услуги. В XXI в. поисковики *Google*, *Yahoo!*, *Yandex* используют аукционы для продажи контекстной рекламы, а интернет-платформы типа *eBay* дают возможность каждому человеку продавать и покупать товары на аукционах.

Помимо важности для практических приложений, модели аукционов оказались важнейшим инструментом при обсуждении центральных вопросов экономической теории. Чтобы понимать, каким образом экономика работает как система, как один рынок связан с другим, как информация влияет на формирование рыночной цены и как, наоборот, рыночная цена выступает главным каналом передачи информации в экономике, нужна теоретическая модель. Теория аукционов, как под увеличительным стеклом, показывает микроэкономiku товарного обмена, при котором от участника к участнику передаются биты информации. Можно видеть — и мы продемонстрируем это и в теоретической модели, и в обсуждении реальных аукционов, — каким образом эта информация, передаваемая при каждой транзакции, превращается из частного знания индивидуальных субъектов экономики в информацию, доступную всем.

Основной метод изучения аукционов в современной экономической науке — с помощью гораздо более общего подхода, «теории механизмов»¹. Этот подход применительно к аукционам выглядит так. Продавец-аукционист придумывает стратегическую игру с неполной информацией. В этой игре выделяется какое-то равновесие по Байесу—Нэшу, а результат игры в равновесии — передача объекта кому-то из участников. (Конечно, при определенных обстоятельствах продавец может оставить объект у себя.) Этот взгляд оказался необычайно продуктивным для развития экономической теории и для практики. Можно менять правила игры, добываясь нужного аукционисту результата.

С точки зрения практики важнейший шаг в истории аукционов был сделан в начале 1990-х, когда Федеральная комиссия по коммуникациям, регулятор рынка связи в США, ввиду резко возросшего спроса решила распределять на аукционах радиочастоты, используемые для пейджинговой и мобильной связи, радио и телевидения. До этого основными методами распределения ресурса были конкурсные комиссии или жребий, что было связано с очевидными проблемами с точки зрения эффективности и конкурентности. За 40 лет до этого Коуз предлагал использовать аукционы на этих рынках, предварительно создав права собственности на радиочастоты (Coase, 1959).

Оптимальный формат аукционов радиочастот сразу стал вызовом для экономистов, потому что появились новые сложности, связанные, прежде всего, с тем, что потенциальные покупатели могли одновременно претендовать на несколько объектов. В этом случае возникают проблемы, которые отсутствуют при продаже одного объекта, — стратегическое занижение спроса, сговор, специальные стратегии, направленные на наказание конкурентов за слишком агрессивную борьбу, и т.п. Милгром и Уилсон стали лидерами коллектива экономистов, который в середине 1990-х годов разработал формат одновременного восходящего аукциона для нескольких объектов, ставший образцом для аукционов по всему миру, а в 2000-х годах создали два новых формата — «комбинаторный часовой аукцион» и двусторонний аукцион, с помощью которого правительство не только продает, но и покупает радиочастоты.

Теория аукционов и базовая модель рынка

Один из основных вопросов экономической теории — каким образом в обществе достигается эффективное распределение ресурсов? Как получается, что активы оказываются в руках или под управлением тех, кто может распоряжаться ими лучше, чем другие? А. Смит правильно подчеркнул роль «невидимой руки рынка», но как в реальности происходит перераспределение? Фундаментальная идея Ф. фон Хайека, нобелевского лауреата 1974 г., состояла в том, что ключевую роль играет рыночная цена — носитель информации (Hayek, 1937, 1945). На уровне рынка в целом изменение цены сигнализирует о дефиците (если

¹ Краткое, но полноценное введение в современную теорию механизмов см. в: Jackson, 2003; необходимый теоретико-игровой инструментариум содержится, например, в: Myerson, 1991.

цена растет) или избытке (если цена падает). Производители товаров считают этот сигнал и в ответ увеличивают или сокращают производство, чтобы увеличить прибыль. Хайек сформулировал теорию: цена на рынке складывается, агрегируя информацию, распыленную среди множества потенциальных продавцов и покупателей.

Для Хайека ключевая роль рыночной цены давала серьезные преимущества свободному рынку над плановой экономикой. Конечно, преимущество рыночной экономики над плановой было в итоге доказано эмпирически — на примере экономики социалистических стран, история которых после двух десятилетий стагнации завершилась крахом и вынужденным переходом к рынку. За полвека до конца плановой экономики аргументы Хайека теоретически обосновывали преимущества рыночной системы.

Современное понимание тезиса Хайека о ключевой роли цен в передаче информации начало складываться после работ Л. Гурвица, нобелевского лауреата 2007 г.² Гурвиц первым сформулировал ключевое понятие «совместимость по стимулам»: чтобы гарантировать достижение какого-то результата в экономической системе, действия индивидуальных субъектов, приводящие к этому результату, должны быть оптимальными с точки зрения их собственной индивидуальной оптимизации. В плановой экономике это означает, что центральный планировщик должен указать, кому и сколько производить и потреблять, чтобы у каждого агента были стимулы делать то, что ему предписано. Сложность состоит в том, что определение оптимальных, с точки зрения планировщика, стимулов для экономического агента требует использования информации, которую агент предпочитает сохранять в тайне. Например, если план предусматривает получение фиксированной платы за какое-то количество часов работы, то более эффективно сотруднику нет смысла работать, используя весь свой потенциал.

В децентрализованной капиталистической экономике единого планировщика нет. Тем не менее удобно представлять себе рынок в качестве площадки, на которой, помимо потенциальных покупателей и продавцов, существует гипотетический аукционист. Экономические агенты, наблюдая текущую цену, определяют оптимальные объемы производства и потребления и сообщают их аукционисту. Аукционист подсчитывает совокупные предложение и спрос и объявляет новый вектор цен на все товары, повышая цены на товары, на которые спрос превышает предложение, и понижая — на остальные. Процесс обмена информацией между планировщиками и агентами прекращается, когда ни на один товар нет избыточного спроса. Гипотетического аукциониста из этой модели называют вальрасовским, потому что он находит общее (вальрасовское) равновесие. Недостаток «вальрасовской» аукционной модели — предположение о том, что каждый агент на рынке, определяя свой спрос или предложение, смотрит только на цену и не учитывает возможного влияния собственных решений на нее и поведение остальных.

В теории аукционов были построены модели определения цены на одном отдельном рынке, и, таким образом, создан микроэкономи-

² Описание научного вклада нобелевских лауреатов 2007 г. см. в: Измалков и др., 2008.

ческий фундамент для модели вальрасовского аукциониста на новом уровне. Теперь в этой модели учитываются стратегические соображения агентов. Ключевой элемент модели в том, что участники не знают, какую ценность представляет объект продажи для остальных участников; этого не знает и аукционист. Задав правила аукциона, аукционист приглашает потенциальных покупателей принять участие во взаимодействии, результатами которого будут передача объекта кому-то из покупателей и определение цены. В ходе аукциона участники совершают действия, которые основаны одновременно на публичной и частной (скрытой от остальных) информации. Поскольку цена есть следствие действий, основанных на частной информации (в случае аукциона — во сколько ценит объект каждый участник), в результате аукциона частная информация превращается в общедоступную. Это не значит, что аукцион выявляет всю частную информацию — как мы увидим, по итогам открытого восходящего аукциона все узнают оценки объекта для всех участников, кроме победителя аукциона. Про победителя аукциона будет только известно, что ценность объекта для него выше, чем цена, которую он заплатит.

Аукционы, разработанные Милгромом и его соавторами, делают микроэкономическую модель формирования цены на рынке еще более точной. По существу, каждый из участников имеет возможность делать ставку в форме «пакета», то есть предлагать цену сразу за какой-то выбранный самим участником объем товара. (Технические детали модели приведены ниже.) Преимущество этой модели над моделью вальрасовского аукциониста состоит в том, что в модели Милгрота участники ведут себя стратегически — они участвуют в процессе, принимая во внимание поведение других участников, и учитывают последствия собственных действий. Например, для участника, который хотел бы получить большой объем товара, имеет смысл «занизить спрос»: если участник учитывает влияние своей ставки на конечную цену, то он может увеличить свой конечный выигрыш за счет того, что заплатит меньше за меньший объем. На практике этот эффект наблюдается на аукционах радиочастот; в теории он показывает ограничения свободного ценообразования. Оказывается, тот факт, что вальрасовский аукционист приводит конкурентный рынок к эффективному исходу, в теории опирается на предположение, что участники рынка не действуют на нем стратегически. Такая ситуация, естественно, встречается на рынках, где вход свободен и дешев, а конкурируют большое количество производителей и потребителей. Однако на многих рынках вход затруднен, а конкурируют на нем несколько крупных агентов. В этом случае нельзя утверждать, что конкурентный рынок эффективен³.

В частности, трудно ожидать эффективности в ситуации, когда на рынке только два участника — покупатель и продавец, и каждый

³ Этому и другим утверждениям можно придать строгий математический смысл (см., например, всеохватный учебник микроэкономики: Мас-Колелл и др., 2016). Конечно, математический формализм помогает лишь в проверке внутренней непротиворечивости модели и коммуникации предположений, хода рассуждений и выводов. Сам по себе он не может ни помочь, ни помешать модели быть адекватной реальному феномену и, соответственно, полезной для анализа.

из них не знает точно, как оценивает объект другой игрок. Важный результат в экономической теории, теорема Майерсона—Саттертуэйта, показывает, что во многих ситуациях не существует даже теоретически такого механизма перепродажи, который гарантировал бы передачу объекта от того, кто его ценит ниже, к тому, кто его ценит выше (Myerson, Satterthwaite, 1983). Несмотря на кажущуюся абстрактность, этот результат очень важен для практики. Он означает, что если задача аукциониста — передать актив в руки *наиболее эффективного* собственника, то нельзя механически полагаться на свободный вторичный рынок. В ситуациях, когда речь идет о редких, специфических объектах, где нет большого и ликвидного рынка для продажи этого объекта, вторичный рынок не обеспечит эффективности.

Маскин, нобелевский лауреат 2007 г., описал, синтезируя теоретические тезисы в книге Милгрота, эту сложность следующим образом⁴. Есть принципиальное экономическое различие между утверждением о том, что существуют механизмы (например, аукцион второй цены в случае частных оценок), обеспечивающие эффективность конечного размещения объекта между участниками, и утверждением о том, что если объект уже принадлежит одному из участников, то такого механизма может не существовать (как следует из теоремы Майерсона—Саттертуэйта). Первое утверждение относится к ситуации, когда объект не принадлежит никому из покупателей — и тогда эффективный исход возможен. Второе — к ситуации, когда объектом *уже владеет* один из покупателей — и тогда эффективный исход уже невозможен. По мнению Маскина, это различие подчеркивает важность аукционов: в случае продажи индивидуальных, важных объектов, для которых не может быть конкурентного и ликвидного вторичного рынка, эффективность должна достигаться при первичной продаже. В противном случае может получиться, что она окажется недостижимой.

Теория аукционов дает инструментарий для анализа самого важного экономического механизма — *образования рыночной цены*, которая агрегирует и делает публичной частную информацию разных экономических агентов. Этот механизм обеспечивает преимущество децентрализованной, рыночной экономики над плановой. В то же время современная модель аукциона, примененная к абстрактному процессу ценообразования на рынке, показывает, что во многих ситуациях трудно рассчитывать на достижение эффективного исхода в рыночном равновесии. Важно, что аукционная модель рыночного равновесия позволяет понять природу неэффективности — в частности, той, что возникает в результате стратегических действий экономических агентов.

Основные виды аукционов

Аукцион — это любая продажа любого объекта, одного или нескольких. Отличительное свойство аукционов: цена определяется в процессе продажи и выступает результатом взаимодействия продавца

⁴ Результаты с применением математических моделей см. в: Maskin, 2004.

(аукциониста) и потенциальных покупателей — участников аукциона. Это взаимодействие — стратегическое, то есть включает выбор оптимальных действий, зависящих от действий других участников, если не существует развитого и ликвидного рынка для продаваемого на аукционе объекта. Если такой рынок существует (как, например, в случае продажи государственных долговых обязательств), то продажа не будет предметом анализа теории аукционов.

Аукционы проводят по двум основным причинам. Во-первых, чтобы владелец лота получил максимальное количество денег. Во-вторых, чтобы объект достался участнику, для которого он представляет наибольшую ценность. В этом случае говорят, что основная цель — максимальная экономическая эффективность размещения объекта. Как мы увидим, эти два требования — максимизация прибыли и максимизация эффективности — могут совпадать, а могут различаться.

В экономической теории аукцион моделируется следующим образом. Основное предположение состоит в том, что объект имеет *ценность* (полезность) для каждого участника аукциона: это максимальная цена, которую участник готов заплатить за объект. Другими словами, это цена, при которой участнику аукциона безразлично, купил он объект или нет. Соответственно, он хочет купить объект по цене ниже своей ценности/оценки и не согласен на цену, превышающую его оценку.

Сначала мы будем предполагать, что потенциальный покупатель знает ценность объекта для себя, хотя в теории аукционов рассматриваются ситуации, когда участники не знают, какую ценность представляет объект для каждого из них. В этом случае они опираются — по ходу аукциона — на какую-то оценку ценности объекта. Кроме того, участники аукциона не знают, какую ценность придают объекту другие участники. Точно так же и продавец — мы предполагаем, что он не знает ценность потенциальных покупателей. (Будем считать, что аукционист является собственником объекта продажи, хотя на практике организацией аукциона часто занимаются посредники.)

В модели аукциона предполагается, что у каждого участника есть вероятностное распределение ценности; каждый участник знает какую-то реализацию этого распределения, а остальные участники и продавец — только само распределение. В более общем случае каждый участник получает сигнал — информацию о ценности объекта. Эти сигналы могут быть независимы, а могут быть зависимы. Если сигналы зависимы, то по своему сигналу можно судить о сигналах, полученных конкурентами. Соответственно, имеется Байесова игра, в которой стратегия каждого покупателя — правило, по которому он из своей информации об объекте выбирает свою ставку или последовательность ставок в аукционе. В анализе аукционов основное внимание уделяется *равновесным* по Нэшу стратегиям участников.

Обсуждая ниже стандартные аукционы, мы будем опускать малосущественные или чисто технические детали. Например, мы всегда предполагаем, что процесс начинается с цены, за которую продавец готов отдать объект; при необходимости считаем, что эта цена равна нулю. Кроме того, мы считаем, что если результат игры ничья, то победитель определяется по какому-то специальному правилу. (Заметим,

что ни для доходов продавца, ни для эффективности исхода неважно, кому из победителей аукциона, завершившегося «вничью», достается объект.) Наконец, мы считаем, специально не оговариваясь, что «шаг аукциона» мал, а ставки и цены определены как непрерывные величины. Это существенно упрощает изложение, ничего не меняя в экономической логике.

Открытый восходящий (английский) аукцион

Английский аукцион — это открытый аукцион с восходящими ценами: участники называют все большую и большую цену. Объект достается тому, кто последним повысил цену. Победитель платит цену, которую при этом назвал. В теории часто рассматривают разновидность открытого аукциона с восходящими ценами — «японский» аукцион: цена поднимается непрерывно, участники выбывают один за другим (возвращаться нельзя), а последний оставшийся получает объект по цене, при которой выбыл предпоследний. Если участники аукциона не знают точно ценность объекта для себя, то они могут уточнить свою оценку по ходу аукциона, наблюдая за ставками других участников. Открытые восходящие аукционы очень распространены. Исторически это был первый и самый популярный формат. Сейчас аукционные дома Sotheby's и Christie's проводят именно такие аукционы. Практически все приватизационные аукционы в России были английскими.

Аукцион первой цены

Аукцион первой цены проводится *взакрытую* — участники делают ставки в конвертах. Объект достается участнику, предложившему самую высокую ставку, и победитель платит собственную ставку — «первую цену». Разновидность этого аукциона используется американским казначейством для размещения государственных ценных бумаг. В период российской приватизации компания «Связьинвест» была продана на таком аукционе. Поскольку этот формат хорошо защищен от сговора участников, именно продажа «Связьинвеста» принесла рекордные доходы.

Голландский аукцион

Голландский аукцион — это аукцион с *нисходящими* ценами: продавец начинает с какой-нибудь заведомо высокой цены и снижает ее шаг за шагом. Как только какой-нибудь участник говорит, что он согласен заплатить эту цену, аукцион прекращается. Викри показал, что голландский аукцион математически изоморфен аукциону первой цены (Vickrey, 1961). Цена, на которой оптимально остановить аукцион, объявив о согласии платить, — это в точности ставка, которую оптимально делать в аукционе первой цены. Этот математический результат показывает, насколько существенным может быть различие между «открытостью» в общечеловеческом смысле (все происходит на глазах участников и внешних обозревателей) и открытостью в стратегическом

смысле. В отличие от английского аукциона (если участники не знают точно ценность объекта для себя, они могут извлекать информацию из действий других участников по ходу аукциона), в голландском по ходу аукциона ничего узнать невозможно.

На нисходящих аукционах в Нидерландах ежедневно продается 20 млн цветов. Небольшое практическое преимущество этого аукциона в том, что до завершения процесса торговли все участники стоят молча; аукцион прекращается после того, как один из участников заявляет о согласии заплатить текущую цену. По этой же причине голландский аукцион используют японские и израильские рыбаки для ежедневной продажи улова розничным торговцам.

Аукцион второй цены

Аукцион второй цены — закрытый аукцион, в котором участники делают ставки в конвертах, а объект достается участнику, предложившему самую высокую ставку. Отличие от аукциона первой цены состоит в том, что победитель платит «вторую цену» — вторую по величине ставку. У второй цены есть очень естественный экономический смысл — это минимальная цена, при которой спрос на этом рынке равен предложению (предложение равно 1).

Аукционы второй цены называют еще аукционами Викри. В отличие от аукциона первой цены, стратегии участников в них очень просты. Лучшее, что может сделать участник аукциона второй цены, — это написать в своей заявке собственную оценку объекта. При этом участнику абсолютно безразлично, во сколько ценят объект и что пишут в своих заявках остальные участники аукциона (см. следующий раздел).

На аукционах второй цены продают почтовые марки, всевозможные товары на электронных аукционах (например, на аукционной площадке *eBay*), валюту и государственные ценные бумаги. Этот аукцион очень удобен, когда потенциальным покупателям трудно сговориться между собой (например, когда круг потенциальных покупателей не ограничен, как на *eBay*), и не так удобен, когда сговор реален. Формат этого аукциона делает возможным (и даже несложным) поддержание договорного равновесия, снижая доход продавца.

Аукцион, в котором платят все участники

В список стандартных аукционов иногда включают еще один интересный аукцион — когда платят все участники. Объект достается участнику, сделавшему наибольшую ставку, но все участники (в том числе и проигравшие) платят собственную ставку. Такой аукцион может быть и закрытым, и открытым.

В экономической теории с помощью этого аукциона моделируется лоббизм и рентоориентированное поведение. Действительно, если несколько фирм борются за государственный заказ, то все участники тратят деньги на лоббирование (разработку и представление проекта, взятки чиновникам и т. п.), но только один получает приз.

Модель аукциона и основные результаты

Рассмотрим Байесову игру с N участниками. У каждого игрока i есть тип v_i , известный самому игроку и распределенный, с точки зрения остальных участников и продавца, с плотностью $F_i(\cdot)$ на отрезке $[0, T]$. Это *ценность/оценка объекта для участника* — максимальная цена, которую он готов заплатить и при этом не потерять в полезности. Соответственно, выигрыш победителя аукциона — разность между этой ценностью и ценой, которую он заплатит.

Равновесие в аукционе первой цены

В аукционе первой цены стратегия участника i — функция $b_i: [0, T] \rightarrow [0, +\infty)^5$. Платеж участника i составляет $v_i - b_i(v_i)$, если ставка этого участника оказалась самой высокой, и 0, если нет.

Предположим, что оценки участников аукциона распределены как независимые случайные величины. В случае двух участников аукциона — назовем их Анна и Борис — и равномерного распределения на отрезке $[0, 1]$ описать равновесие несложно. Анна решает следующую задачу: как для каждой возможной ценности $v_A \in [0, 1]$ выбрать оптимальную ставку $b_A(v_A)$, чтобы максимизировать ожидаемый выигрыш $EU_A(v_A) = (v_i - b_A(v_A))P\{b_A(v_A) > b_B\}$, где b_B — ставка Бориса, являющаяся, с точки зрения Анны в момент принятия решения, случайной величиной. Несложно проверить, что пара функций $b_A(v_A) = \frac{1}{2}v_A$, $b_B(v_B) = \frac{1}{2}v_B$ — равновесие по Байесу—Нэшу. В случае N участников равновесные ставки участника i выглядят так: $b_i(v_i) = ((N-1)/N)v_i$. Более сложный результат состоит в том, что это единственное равновесие в такой игре.

О чем думает участник аукциона первой цены при определении своей ставки? Повышение ставки увеличивает, во-первых, вероятность выигрыша, а во-вторых, цену, которую заплатит этот участник, если окажется победителем. Эти два стимула действуют в противоположных направлениях: с одной стороны, хочется выиграть с большей вероятностью, с другой — хочется, раз уж выиграл, заплатить поменьше. В равновесии, описанном выше, ожидаемый выигрыш аукциониста (цена продажи) равен $E(\frac{1}{2} \max\{v_A, v_B\}) = \frac{1}{3}$, а ожидаемый выигрыш победителя аукциона соответственно равен $E(\max\{v_A, v_B\} - \frac{1}{2} \max\{v_A, v_B\}) = \frac{1}{3}$ ⁶.

В найденном равновесии объект всегда достается участнику, ценность объекта для которого выше, то есть аукцион приводит к эффективному размещению актива. Этот результат сильно зависит от предположения о полной симметричности участников: например, если ценность объекта для Анны равномерно распределена на отрезке $[0, 1]$, а для Бориса — на отрезке $[0, 2]$, то в единственном равновесии по Нэшу победителем не всегда (не со 100%-й вероятностью) будет тот,

⁵ Поскольку голландский (открытый нисходящий) аукцион математически эквивалентен аукциону первой цены, все расчеты оптимальных ставок и ожидаемых выигрышей продавца и участников выглядят точно так же.

⁶ Здесь и дальше мы используем следующее свойство равномерного распределения. Если случайные величины X_1, \dots, X_N распределены независимо и равномерно на отрезке $[0, 1]$, то математическое ожидание k -ой порядковой статистики есть $k/(N+1)$.

кто ценит объект выше. Действительно, предположим, что ценность объекта для Бориса близка к 2, то есть он точно наиболее эффективный конечный обладатель объекта. Когда он определяет оптимальную ставку, ему может быть выгодно пожертвовать, с некоторой вероятностью, победой на аукционе ради того, чтобы, с дополнительной вероятностью, заплатить поменьше в случае выигрыша. Это аналогично классической задаче монополиста на рынке, который жертвует продажей части товара, даже если цена превышает предельную стоимость производства, ради увеличения прибыли за каждую проданную единицу.

Равновесие в английском аукционе и аукционе второй цены

В отличие от аукциона первой цены, в открытом восходящем аукционе существует равновесие по Нэшу в доминирующих стратегиях. Иными словами, у каждого участника есть стратегия, которая является оптимальным ответом на любые стратегии остальных участников: торговаться, повышая цену до тех пор, пока она не достигнет собственной оценки v_i , после чего торговлю прекратить. В результате победителем оказывается участник, ценность объекта для которого максимальна, то есть аукцион эффективен. Цена, которую заплатит победитель, равна, в ожидании, второй по величине ценности среди участников аукциона, то есть цене, до которой торгуется предпоследний участник.

Простое равновесие в доминирующих стратегиях существует и в аукционе второй цены. Независимо от того, что делают остальные участники, оптимальная ставка выглядит так: $b_i(v_i) = v_i$. Доказать этот результат можно при помощи простого рассуждения. Представим, что все участники, кроме i , уже сделали свои ставки, но участнику i эти ставки неизвестны. Существенно, что цена p , которую заплатит участник i , если победит на аукционе, *не зависит* от его ставки: эта цена — максимальная из сделанных ставок. От ставки i зависит только одно — станет он победителем или нет. Ставка $b_i(v_i) = v_i$ обеспечивает максимально возможный ожидаемый выигрыш: участник i выиграет, если ценность v_i выше цены p , и проиграет, если ценность v_i ниже цены p . Это теоретическое свойство аукциона второй цены — основная причина его активного использования в ситуациях, когда риск сговора невелик (например, в аукционах контекстной рекламы, см.: Edelman et al., 2007).

Из-за простоты равновесных стратегий и в английском аукционе, и в аукционе второй цены легко вычислить ожидаемые результаты. При наших предположениях цена равна $\frac{1}{3}$ в случае двух участников и $(N-1)/(N+1)$ в случае N участников. И ожидаемый доход продавца, и ожидаемые выигрыши участников аукциона совпадают с показателями аукциона первой цены. Как мы увидим ниже, это не случайное совпадение.

Теорема об эквивалентности доходов

Теорема об эквивалентности доходов, доказанная в общем случае Майерсоном в 1981 г., стала одним из центральных результатов в со-

временной экономической теории. В ней обобщаются результаты, полученные Викри в первых теоретических работах про аукционы (Vickrey, 1961; также обзор других работ, в которых в той или иной форме появилась эта теорема, см. в: Klemperer, 1999). Помимо самого результата, важную роль играет доказательство, метод которого впервые появился в работах 1970-х годов, где моделировались отношения принципала и агента; это стандартный прием анализа в теории фирмы и теории контрактов.

Т е о р е м а (Myerson, 1981). *Если оценки участников аукциона распределены независимо и одинаково, а распределение $F_i(\cdot)$ на отрезке $[0, T]$ невырождено, то ожидаемые доходы продавца и ожидаемые выигрыши участников не зависят от формата аукциона.*

Прежде чем доказать теорему, необходимо точно сформулировать понятие «любой формат аукциона». Под этим мы будем понимать любую Байесову игру, в которой типы участников — это их оценки, а исход игры определяется — в равновесии по Байесу–Нэшу — для каждого участника i двумя функциями: во-первых, вероятностью получить объект в зависимости от типа, $P_i(v)$; во-вторых, ожидаемой суммой, которую ему придется выплатить, $T_i(v)$. Каждый из стандартных аукционов, описанных выше, будет частным случаем этого общего определения. Например, вероятность выиграть в любом из обсуждавшихся аукционов с N участниками равна $P_i(v) = F^{N-1}(v)$.

Первый шаг в доказательстве теоремы состоит в утверждении, что вместо любой Байесовой игры в определении «любого формата аукциона» достаточно рассматривать только Байесовы игры, в которых множество стратегий каждого игрока — множество его типов (возможных ценностей объекта для этого игрока). Кроме того, можно ограничиться рассмотрением равновесий в этой игре, в которых стратегия каждого типа игрока i — «правдиво» выбирать свой настоящий тип. Тот факт, что это не ограничивает общности рассуждения, называется в экономической теории «принципом выявления» (Myerson, 1981).

Теперь запишем формулу для ожидаемого выигрыша участника i с ценностью объекта v . Согласно введенным обозначениям, это $EU_i(v) = vP_i(v) - T_i(v)$. Поскольку, в соответствии с принципом выявления, выбирать собственный тип — равновесная и, значит, оптимальная стратегия, для любых двух типов v, w игрока i получаем: $EU_i(v) \geq vP_i(w) - T_i(w) = EU_i(w) + (v - w)P_i(v)$. Поскольку это выполняется для любых двух типов, а вероятностное распределение типов невырождено, из этого выражения следует, что $dEU_i(v)/dv = P_i(v)$ для любого $w \in [a, b]$. Теперь, воспользовавшись формулой Ньютона–Лейбница, мы получаем:

$$EU_i(v) = EU_i(0) + \int_0^v \frac{dEU_i(x)}{dx} dF(x) = EU_i(0) + \int_0^v P_i(x) dF(x).$$

Эта формула, по существу, завершает доказательство. Мы видим, что ожидаемый выигрыш участника i , ценящего объект в v , зависит только от двух вещей: от $EU_i(0)$ — ожидаемого выигрыша участника, когда ценность объекта для него минимально возможная; и от

вероятности получить объект $P_i(x)$. Из этого следует, в частности, что любой механизм, в котором участник с минимально возможной оценкой имеет ожидаемый выигрыш, равный 0, и выигрывает участник с максимальной оценкой, приносит участникам и продавцу одинаковый ожидаемый выигрыш.

Посмотрим на стандартные аукционы (английский, голландский, первой цены, второй цены и аукцион, где платят все участники). Во всех этих аукционах выполняются оба требования: участник с минимально возможной оценкой имеет ожидаемый выигрыш, равный 0, и выигрывает участник с максимальной оценкой. Следовательно, все стандартные аукционы приносят участникам и продавцу равные ожидаемые выигрыши.

Теорема об эквивалентности доходов и смежные результаты стали большим шагом в понимании роли информации и стимулов в человеческом поведении. Оказывается, задание стимулов, заставляющих субъектов экономики выбирать, максимизируя собственную полезность, то, что нужно планировщику (например, организатору аукциона), полностью определяет ожидаемые трансферты и выигрыши. Если стимулы, эффективность которых ограничена наличием частной информации у агента, заданы, то больше никаких степеней свободы у планировщика нет. В контексте аукционов может показаться, что выбор формата — это прерогатива организатора, но оказывается, если задача (чтобы объект достался тому, кто ценит его выше всего) поставлена, то от выбора формата ничего не зависит. Точно так же в теории контрактов создание для агента стимулов полностью определяет, сколько ему следует заплатить (Измалков, Сонин, 2017).

Помимо объяснения ключевой связи между стимулами и трансфертами, теорема об эквивалентности доходов задает точку отсчета в изучении практических аукционов. Однако как математический результат, она требует довольно сильных предположений. Если участники не симметричны (оценки получены из разных распределений), то теорема работает в случае, когда в равновесии объект получает тот, кто его ценит выше всего, но это предположение может нарушаться в простейших ситуациях. (См. выше — в аукционе первой цены с несимметричными участниками может побеждать участник, ценящий объект ниже оппонента.) Если в вероятностном распределении оценок агентов есть атомы, то теорема неверна. Если отказаться от предположения о нейтральном отношении участников аукциона к риску — тоже. Наконец, эквивалентность доходов нарушается, если у оценок участников есть «общая компонента», то есть эти оценки зависимы. Конечно, при практической организации какой-то продажи нужно принимать во внимание возможные последствия нарушения предпосылок теоремы об эквивалентности доходов.

Аукционы с «общей компонентой ценности»

Важнейший случай, когда нарушаются предположения теоремы об эквивалентности доходов, — продажи объектов с «общей компонентой ценности». Уилсон и Милгром внесли важный вклад и в

развитие общих подходов к таким продажам, и в анализ конкретных примеров и разработку практических приложений. В ранних статьях Уилсона (Wilson, 1967, 1979) даны первые примеры и сформулированы первые гипотезы, включая гипотезу о «проклятии победителя». В статьях Милгрота (прежде всего, см.: Milgrom, Weber, 1982) было разъяснено, каким образом появление новой информации влияет на доходы аукциониста в зависимости от формата аукциона. Теперь, когда теорема об эквивалентности доходов не выполняется, стандартные аукционные форматы оказываются упорядоченными по величине ожидаемых доходов и эффективности. Это послужило основанием для принятия правил о формате масштабных аукционов радиочастот в середине 1990-х годов.

Рассмотрим ситуацию, когда ценности объекта для участников каким-то образом связаны (раньше мы предполагали, что они независимы). Например, продается право на разработку нефтяного участка, и каждый потенциальный покупатель делает оценку запасов нефти, например, проведя замеры на соседнем участке или опросив экспертов. Эти предварительные оценки могут сильно различаться — кто-то взял пробу в хорошем месте, а кто-то, наоборот, в плохом; эксперты могли по-разному оценить запасы нефти. Тем не менее, кто бы ни стал победителем аукциона, ценность участка равна рыночной стоимости реальных запасов нефти на нем, то есть одинакова для всех участников⁷. Однако при выборе стратегии (заявки в закрытом аукционе; поведение — в открытом) каждый участник вынужден опираться только на собственную предварительную оценку. Чтобы сделать свою оценку более точной, ему нужно знать информацию остальных участников. Если все участники *ex ante* симметричны, то среднее по оценкам участников будет наилучшей, в статистическом смысле, возможной оценкой, учитывающей всю имеющуюся у участников информацию.

В 1967 г. Уилсон объяснил, что при продаже объекта с общей компонентой ценности может возникнуть «проклятие победителя» (Wilson, 1967). Возьмем простейший пример с двумя симметричными покупателями, которых снова назовем Анной и Борисом. Каждый из них получил частным образом оценку ценности объекта, который, как они знают, будет в конечном счете одинаково ценен для них. Пусть V — настоящая, неизвестная Анне и Борису, ценность объекта, случайная величина. Полученная ими оценка («сигнал», на языке экономической теории) выглядет так: $x_i = v + \varepsilon_i$, где v — какое-то значение случайной величины V , ε_i — какое-то значение независимо распределенной случайной величины со средним 0. Тогда наилучшая оценка ценности объекта для Анны — $E[V|x_A] = x_A$. Если аукцион устроен таким образом, что ставки участников монотонно возрастают с сигналами, которые они получили, то, выиграв аукцион, Анна будет знать, что $x_B < x_A$. В этот момент наилучшей оценкой ценности объекта будет $E[V|x_A, x_B < x_A] < x_A$. В этом состоит «проклятие победителя»:

⁷ Этот пример обсуждается в ситуации, когда, помимо информации об общей компоненте ценности (запасов нефти), участники получают зашумленную информацию о частной компоненте ценности (например, стоимости разработки) (Dasgupta, Maskin, 2000; Mikoucheva, Sonin, 2004).

участник, победивший на аукционе с общей ценностью, знает, что своей победой он обязан «сверхоптимистичному шуму». (В нашем примере это означает, что $\varepsilon_B < \varepsilon_A$.) Практическое последствие «проклятия победителя»: в аукционах с общей компонентой ценности участники торгуются очень осторожно, делая ставки с учетом того, что, победив, окажутся слишком оптимистичными. В результате продажи таких объектов должны приносить меньшие доходы продавцу, чем в случае, когда ценности целиком частные⁸.

Развивая эту логику, Уилсон предложил модель для аукционов ценных бумаг (Wilson, 1979). В таких аукционах — как и вообще в аукционах с общей ценностью для участников — нет проблемы эффективного размещения объекта продажи (потому что любое размещение одинаково эффективно). Однако есть, конечно, проблема определения ставок на первичном аукционе. Если участники исходят из того, что после первичного размещения бумаг (например, акций крупной компании на IPO) для них сформируется полноценный вторичный рынок, то цена на этом вторичном рынке, неизвестная участникам первичного размещения, задает общую ценность объекта.

В модели Уилсона участник сначала получал частным образом какую-то оценку ценности объекта, после чего предлагал «меню ставок» — сколько он готов заплатить за какое количество бумаг. Рассматривалось два формата аукционов — аукцион с равномерной ценой (одна цена за каждую акцию) и аукцион, в котором цены различались в зависимости от объема пакета. (Оба аукциона являются обобщением аукциона первой цены на случай нескольких объектов.) Здесь впервые были получены два фундаментальных и кажущихся сейчас, через полвека развития экономической теории, очевидными результата. Во-первых, в этой ситуации у участников есть стимулы «сдерживать спрос» — в отличие от ситуации, когда на аукционе продается только один объект. Во-вторых, тот факт, что ставки имеют вид «меню», делает возможным сговор — хотя сговор в аналогичном аукционе для одного объекта невозможен.

Эффект выявления информации: теория Милгрота—Вебера

Аукционы, рассматривавшиеся Викри (Vickrey, 1961), где ценность объекта является полностью частной информацией каждого участника, и аукционы, рассматривавшиеся Уилсоном (Wilson, 1967), где ценность объекта в точности одинакова для всех участников, — два крайних случая. Милгром первым предложил подход к промежуточному, общему случаю, в котором в ценности объекта для потенциальных покупателей есть и частная, и общая компоненты.

Милгром и Р. Вебер показали, что когда предварительные оценки участников *аффилированы* — чем выше твоя собственная оценка,

⁸ В статье П. Клеппера (Klempereger, 1999) полностью разобран доступный пример продажи объекта с общей ценностью, рассчитаны равновесные стратегии и ожидаемые выигрыши участников и продавца.

тем вероятнее, что у других участников оценка тоже высока, — эквивалентность доходов нарушается (Milgrom, Weber, 1982). А именно, ожидаемые доходы упорядочены по убыванию следующим образом: самые высокие ожидаемые доходы приносит английский аукцион, на втором месте — аукцион второй цены, на третьем — аукцион первой цены. Разница в ожидаемых доходах объясняется «информационной рентой» — выигрышем, который участник получает от того, что владеет эксклюзивной информацией. Чем больше у участника аукциона такой информации об объекте, которой никто не владеет, тем выше его ожидаемый выигрыш — разность между ценностью объекта для него и ценой, которую он заплатит.

Интересы продавца, максимизирующего прибыль, полностью противоположны интересам покупателя. Чем меньше ожидаемый выигрыш победителя, тем *больше* ожидаемый выигрыш продавца. Это означает, что организатор аукциона должен сделать так, чтобы информационная рента участников была как можно меньше. Чем больше информации будет раскрыто в ходе аукциона, тем ниже будет эта рента и тем выше будет доход аукциониста. В частности, из этого следует, что владельцу товара выгодно взять на себя связывающее обязательство раскрывать информацию о товаре, которую он получает, даже если *ex post* она окажется негативной. Если потенциальные покупатели будут подозревать, что продавец сообщит им информацию о товаре только в том случае, если она положительна, то они могут откалибровать свои оценки с учетом этого и интерпретировать отсутствие информации как плохие новости. Конечно, это приведет к снижению доходов продавца.

Из трех стандартных аукционов больше всего информации раскрывается по ходу открытого восходящего аукциона: когда остаются только два участника, каждый из них уже знает цены, на которых выбыли предыдущие участники, и использует эту информацию, чтобы определить ценность, которую он получит от объекта. По сравнению с аукционом первой цены, в котором никакого обмена информацией не происходит, в английском аукционе информационная рента победителя меньше и, значит, ожидаемый доход продавца выше. Аукцион второй цены занимает промежуточную позицию: ожидаемый доход продавца в нем выше, чем в аукционе первой цены, но ниже, чем в английском. Несмотря на то что ставки в аукционе второй цены делаются в конвертах, информационная рента победителя чуть меньше, чем в аукционе первой цены, потому что цена, которую платит победитель, определяется ставкой, сделанной другим участником аукциона.

Практика: одновременные аукционы нескольких объектов

Когда в начале 1990-х годов Федеральная комиссия по коммуникациям США начала подготовку масштабного аукциона радиочастот, работы Уилсона и Милгрона сыграли ключевую роль в выборе формата. Несмотря на то что в большинстве теоретических моделей рассматривалась продажа одного объекта, формат выбирался именно

на их основе. Более того, идея использования аукционов, высказанная Коузом за 30 лет до этого, стала всерьез обсуждаться как замена конкурсных комиссий и жеребьевок именно после появления глубоко проработанных теоретических моделей.

Основные элементы аукционов радиочастот

Первое принципиальное практическое решение, которое требовало опоры на серьезную теорию, — как должна быть поставлена задача по организации аукционов. Было решено, что основная цель аукциона — передача радиочастот самому эффективному собственнику, то есть фирмам, которые, владея частотами, сумеют извлечь из них максимальную прибыль. При этом нужно было сразу добиться максимальной эффективности по итогам аукциона, не рассчитывая на (несуществующий) вторичный рынок. Кроме того, с самого начала была поставлена задача создать конкуренцию на рынке продуктов фирм, использующих частоты, по итогам продажи. Соответственно, были сделаны ограничения на объем частот, которые могли попасть в одни руки.

Следующий принципиальный вопрос — должен аукцион быть открытым или закрытым? Задача эффективного размещения объектов предполагала решение в пользу открытости аукциона: чем больше выявляется информации, тем выше вероятность того, что выиграет участник, который ценит объект выше всего. Аргумент в пользу закрытого аукциона состоял в том, что на нем гораздо труднее сговариваться. Именно из-за проблемы возможного сговора участников не использовали «комбинаторный аукцион Викри» — полноценный аналог аукциона второй цены для нескольких объектов.

Комбинаторный аукцион Викри устроен следующим образом. Есть M объектов для продажи; исходом может быть любая функция $k: M \rightarrow N$, распределение M объектов по N участникам. Обозначим множество всех распределений объектов $K = \{k | k: M \rightarrow N\}$ и предположим, что каждый потенциальный покупатель i знает ценность $v_i(k)$ каждой комбинации объектов k . Участники аукциона делают ставки на все возможные пакеты, то есть стратегия b_i участника i — отображение из K во множество неотрицательных чисел. Когда все участники сделали ставки, распределение объектов $k^* = \operatorname{argmax}_k \sum_i b_i(k)$ выбирается в качестве окончательного, а каждый участник i платит индивидуальную цену $p_i = \max_k \sum_{j \neq i} b_j(k) - \sum_{j \neq i} b_j(k^*)$. Эта цена по смыслу есть компенсация за экстерналию, которую накладывает на остальных участников аукциона участник i . Использовать свои реальные оценки в качестве ставок, $b_i(k) = v_i(k)$ для каждого k , — равновесие в (слабо) доминирующих стратегиях⁹.

Комбинаторный аукцион Викри позволяет участникам делать ставки на любые комбинации продаваемых объектов и обеспечивает эффективный исход в равновесии, если участники делают на все возможные комбинации ставки, равные их оценкам. Следующий пример (Ausubel, Milgrom, 2002) иллюстрирует проблемы, возникающие, когда у участников есть возможность делать ставки не на отдельные объекты, а на комбинации («пакеты»).

⁹ Комбинаторный аукцион Викри является частным случаем механизма Викри—Кларка—Гровса (Jackson, 2003).

Два участника, Анна и Борис, претендуют на два объекта, *A* и *B*. Анна считает *A* и *B* товарами-комплементами и готова платить 20 за пакет $\{A, B\}$. По отдельности *A* и *B* для нее ценности не представляют. Борис готов заплатить 10 за пакет $\{A, B\}$, а по отдельности — 5 за *A* и 5 за *B*. Если оба участника делают свои ставки «честно» (это равновесие), то пакет $\{A, B\}$ уходит Анне по цене 10, то есть исход эффективен.

Однако предположим, что Борис делает ставку 20 на объект *A*, 0 на объект *B* и создает фиктивного участника, «Владимира», который делает ставку 20 на объект *B* и 0 на объект *A*. Если Анна придерживается той же стратегии, то возникает новое равновесие, в котором оба объекта уходят Борису и «Владимиру» (тому же Борису) и победитель платит за них 0.

Этот пример можно модифицировать, чтобы вместо создания фиктивного участника с самого начала было три участника и сговор двоих из них против Анны приводил к неэффективному исходу и нулевым доходам продавца. Основная уязвимость — наличие участника, для которого объекты дополняют друг друга, и это распространенное явление на практике.

Дополнительным аргументом в пользу отказа от «пакетных ставок» была сложность для участников процедуры, при которой необходимо делать ставки на различные комбинации объектов. При этом считалось, что сговор в английском аукционе, в котором торговля происходит публично, маловероятен. В итоге был выбран формат открытого восходящего аукциона за фиксированные объекты (лицензии на радиочастоты в разных районах), но риски сговора оказались недооценены (см. ниже). Открытость означала, что всем участникам были известны все ставки, кем они сделаны и какое количество лицензий доступно каждому участнику. Кроме того, открытый восходящий аукцион снижал, в соответствии с результатами теории Милгрота—Вебера, «проклятие победителя», то есть не заставлял участников быть излишне осторожными при торговле.

Важным вопросом также был следующий: если продавать много сходных объектов, нужно это делать одновременно или последовательно? Из тех же соображений эффективности было решено сделать аукционы одновременными — крупным фирмам, претендующим на много лицензий, это существенно облегчало задачу поиска оптимальной комбинации. Технические вопросы были таковы: должны ли ставки быть дискретными или непрерывными? (Были выбраны непрерывные — участники могли делать ставку, какую они хотели.) Каковы минимальная ставка и минимальный шаг аукциона? Сколько раундов торговли в день? На самом большом аукционе 1994–1995 гг. на первых этапах (в первые два месяца) проводилось по одному раунду в день, в конце аукциона — по одному раунду в 20 минут. Штраф за отказ платить определялся по формуле $\max\{0, \text{цена отказа} - \text{окончательная цена}\}$, и предварительный платеж был такого размера, чтобы покрыть все возможные штрафы; в случае отсутствия нарушений его возвращали владельцу¹⁰.

¹⁰ Это правило было следствием горького опыта: 27–28 июля 1994 г. на аукционе Interactive Video Data Service первичный платеж был определен в 500 долл., а ставки достигали 1 млн долл. В результате зафиксировано 114 отказов платить из 574 обязательств.

Чтобы не увеличивать время аукциона, были введены специальные правила, заставляющие участников продолжать торговлю в каждом раунде: одновременно проводится много стандартных английских аукционов, на каждом из которых продается лицензия на владение определенными радиочастотами в некотором районе. Причина возможных задержек — участникам выгодно ждать, скрывая собственную информацию, пока другие участники сделают ставки. Поэтому в правилах было оговорено, что любой участник процесса имеет право делать повышающие ставки на любом из этих аукционов, но общее количество ставок, которые он может сделать, ограничено и в одном раунде не должно превышать определенного количества, которое, в свою очередь, зависит от текущей активности.

Ограничение рассчитывалось с помощью двух параметров: текущего количества доступных лотов K и текущей активности (количество лотов, на которых ставка участника была по итогам раунда самой высокой) A . И тот и другой параметр рассчитывались в объеме радиочастот на количество населения в районе действия лицензии. Милгром и Уилсон разделили весь аукцион на три этапа: на первом должно было соблюдаться правило $A > K/3$; на втором, после перехода по правилу $K_{\text{новое}} = 3A_{\text{перехода}}$, — $A > 2K/3$; на третьем, после перехода $K_{\text{новое}} = 1,5A_{\text{перехода}}$, — $A > K$. После этого вступало в силу ограничение $K_{\text{новое}} = A$. Чтобы избежать недоразумений, участникам полагалось по пять «индальгенций», позволяющих не понижать количество доступных лотов после раунда. В некоторых аукционах использовались другие правила с целью поддержать активность участников.

Помимо задачи рыночной эффективности и конкурентности рынка конечного продукта, организаторы встраивали в аукцион механизмы поддержки отдельных участников. Среди прочего были выделены специальные пакеты радиочастот, торговаться за которые могли только мелкие фирмы. Дополнительные преимущества предоставлялись на некоторых лотах фирмам, которыми руководили или владели женщины или представители этнических меньшинств: кредиты до 50% ставки и безвозмездная помощь до 40% ставки. Интересно, что в аукционе, где безвозмездная помощь составляла 25%, ни один такой участник не стал победителем. А там, где была помощь в 40%, в тех лотах, по которым льгота предоставлялась, победили только «льготники», причем цена превышала цену на аналогичные лицензии без льготников почти на 40%.

Аукционы радиочастот, проведенные в 1994–1995 гг., принесли американскому правительству вдвое больше, чем было запланировано, — почти 20 млрд долл. (35 млрд долл. в ценах 2020 г.). Последующие аукционы мобильного спектра в США принесли еще больше. Другим показателем успеха были относительно близкие цены на сравнимые объекты — это косвенный признак эффективности аукциона. В Великобритании в 2000 г. доход от приватизации радиочастот оказался в 1,5 раза больше запланированного (Binmore, Klempner, 2002). Формат аукционов, разработанный командой под руководством Милгрорма и Уилсона, успешно использовался для приватизации частот в Германии, Индии, Испании, Канаде, Норвегии, Польше, Финляндии, Швеции и других странах.

*Практический вызов одновременных аукционов:
сговор участников*

Как показали первые масштабные аукционы радиочастот в США, заключение договоренностей, явных или неявных, между участниками аукциона было реальной проблемой. Многие участники попытались сигнализировать своими ставками о желании «застолбить» за собой тот или иной объект; многие действовали, считывая подобные сигналы своих конкурентов.

Возможность сговора во время аукциона существенно зависит от формата. Предположим, что продается только один объект с помощью английского аукциона и участники сумели узнать, кто ценит объект выше всего (это в принципе может быть сложной задачей). Тогда они могут договориться о следующем: в начале аукциона тот, кому они договорились отдать объект, сделает минимальную ставку, чтобы начать торговлю, а все остальные никаких ставок не будут делать. В результате победитель заплатит минимальную цену, а продавец лишится практически всего ожидаемого дохода. Важно, что если сговор состоялся, то выполнять его условия будет равновесием по Нэшу. Действительно, избранный участник не станет отклоняться от него, потому что и так получает максимум, а любой другой участник не станет этого делать, потому что в результате не увеличит своей полезности. Если кто-то еще начнет торговаться всерьез, избранный участник тоже начнет торговаться и поскольку, по предположению, ценность объекта для него выше, победит. Значит, всем остальным выгодно соблюдать условия сговора.

Еще проще поддерживать сговор в аукционе второй цены. Участники могут договориться так: один участник делает очень высокую ставку x , а все остальные — 0 . Тогда этот участник получает объект бесплатно, а сговор снова будет равновесием. Отклонение от условленной стратегии принесет другому участнику либо тот же результат, 0 , либо отрицательный выигрыш, если он перебьет ставку x . Это равновесие использует слабо доминируемые стратегии — тем не менее это равновесие по Нэшу.

Аукцион первой цены принципиально отличается. В нем, чтобы выбранный по условиям сговора победитель заплатил какую-то минимальную ε , необходимо, чтобы все остальные участники сделали ставку 0 . Теперь любой из участников имеет очень сильный стимул нарушить договор. В аукционе первой цены поддержание сговора не будет равновесием!¹¹

В аукционе, на котором продается несколько объектов на параллельных торгах, сговор еще проще — участники могут просто «разделить рынок». Если бы они сговорились, каким-то образом связываясь, это было бы незаконно. Однако можно обойтись и без переговоров. Например, в 1999 г. правительство Германии продает 10 равноценных

¹¹ Мы не касаемся вопроса о возможности сговора между участником аукциона и аукционистом. В этом случае аукцион первой цены становится, наоборот, более уязвимым. См.: Lambert-Mogiliansky, Sonin, 2006.

блоков частот спектра для мобильной связи на одновременном восходящем аукционе. По правилам продажа продолжается до тех пор, пока кто-нибудь из участников увеличивает ставку хотя бы на один блок. Минимальное увеличение ставки — 10%. Наряду с несколькими небольшими фирмами, борьбу ведут два телекоммуникационных гиганта — *Mannesman* и *T-Mobile*. В первом раунде фирма *Mannesman* делает следующую ставку:

- 18,18 млн марок на блоки с номерами 1–5;
- 20,00 млн марок на блоки с номерами 6–10.

Как заявил после аукциона один из руководителей *T-Mobile*, «мы ни о чем не договаривались с *Mannesman* перед аукционом, но их первая ставка была очень ясным предложением [разделить рынок]». В *T-Mobile* хорошо поняли это предложение: во втором раунде *T-Mobile* поставила 20 млн = 18,18 млн + 10% на блоки 1–5, и аукцион закончился (других ставок не было). Таким образом, *T-Mobile* получила блоки 1–5, заплатив за каждый 20 млн марок, а *Mannesman* получила блоки 6–10 за ту же цену. Сговор произошел без прямых переговоров сотрудников фирм, что, согласно закону и правоприменительной практике, считается основным признаком картельного сговора.

Другой пример некооперативного сговора, при котором участники вместо тайных переговоров общаются с помощью сигналов — типичный пример того, что происходило на крупнейшем в мире аукционе мобильного спектра в США. Как и в аукционах, которые мы обсуждали выше, на одновременном восходящем аукционе продавались лицензии на мобильную связь в различных округах США. Округа были неоднородны: лицензия для большого города с богатым населением (Калифорния и Северо-Восток) стоила в десятки раз больше, чем аналогичная лицензия в другой части страны. У разных операторов были различные приоритеты — например, компании *USWest* очень хотелось иметь лицензию в районе 378 (город Рочестер, штат Миннесота).

В таблице 1 приведена история ставок. В первые два месяца (до 59-го раунда — дня аукциона) *USWest* не проявляла никакого интереса к районам 283 и 452, в которых уже сделала ставку компания *McLeod*. Однако две компании вели ожесточенную борьбу за лицензию в районе 378. Делая ставку на лицензию в районе 452 в 59-м раунде, *USWest* не стала округлять ее до тысяч долларов — ставка была 313 378 долларов. *McLeod* могла прочесть этот сигнал следующим образом: если вы не перестанете торговаться с нами за район 378, мы заставим вас заплатить больше за (ненужный нам) район 452. Поскольку *McLeod* не отреагировала на этот сигнал, *USWest* повторила этот ход в 64-ом раунде, сделав ставку 62 378 в районе 283. После этого рынок был разделен: *McLeod* перебила ставки *USWest* в 283 и 452 районе и перестала бороться за 378.

Эта история с «некооперативным сговором по разделу рынка», который заключали участники по ходу аукциона, была типичной. Подсчитано, что 153 фирмы-участницы использовали шифрованные послания или явно пытались наказывать оппонентов за серьезную конкуренцию (Cramton, Schwartz, 2000). Эти участники выиграли 470 (из 1479) лицензий и заплатили за выигранные лицензии зна-

Ход аукциона компании **USWest** и **McLeod**

Раунд	Marshalltown, IA		Rochester, MN		Waterloo, IA	
	район 283		район 378		район 452	
	McLeod	USWest	McLeod	USWest	McLeod	USWest
24	56 000				287 000	
...						
46				568 000		
52			689 000			
55				723 000		
58			795 000			
59				875 000		313 378
60					345 000	
62			963 000			
64		62 378		1 059 000		
65	69 000					

Источник: Cramton, Schwartz, 2000.

чительно меньше (на 20–35%), чем фирмы, не использовавшие эти стратегии. Теоретически сигналом, предупреждающим конкурента о нежелательности его участия в торговле, могут быть посторонние инвестиции фирмы и даже непроизводительные расходы (Daley et al., 2012).

В последующих аукционах проблемы шифрованных посланий пытались учесть. Вопрос, как и во многих аспектах организации аукционов, сводится к тому, какая информация должна быть доступна участникам. Например, если заставить выбирать ставку из фиксированной сетки, то не будет возможности посылать такие сигналы, как в примере *USWest–McLeod*. Можно не сообщать участникам, какой именно оппонент перебил их ставку. К сожалению, снижение объема получаемой информации снизит и конечную эффективность, поскольку после завершения аукциона фирмы-победители станут конкурировать на рынке конечного продукта, им по ходу аукциона не безразлично, кто какую лицензию выигрывает. Соккрытие информации затрудняет сговор и одновременно снижает эффективность.

Новые форматы аукционов

Чтобы решить проблемы, появившиеся при организации одновременного восходящего аукциона, группа экономистов под руководством Милгрота разработала новый формат — *комбинаторный часовой аукцион* (Ausubel et al., 2006; Levin, Skrzypacz, 2016). Мы сначала проиллюстрируем идею часового аукциона на простом примере — модификации английского аукциона при одновременной продаже нескольких объектов, а потом обсудим их практическое воплощение. Пример раскрывает экономическую логику комбинаторного часового аукциона и одновременно является микромоделью рыночного ценообразования в абстрактной экономической теории.

Часовой аукцион Аузубеля

В ходе часового аукциона в его простейшем варианте (впервые предложен в: Ausubel, 2004) участники платят в итоге разную цену за одинаковые объекты. Продается несколько одинаковых объектов — например, лицензий на осуществление мобильной связи в разных районах. На счетчике-табло непрерывно поднимается цена (именно поэтому аукцион называется «часовым»), а участники в каждый момент времени показывают, сколько единиц объектов им нужно. Можно снижать, но нельзя повышать спрос. Аукцион заканчивается в тот момент, когда совокупный спрос, то есть сумма запросов участников, равен предложению, то есть количеству продаваемых объектов.

Цена продажи определяется цифрами на табло, но по итогам аукциона участники заплатят, вообще говоря, разную цену за разные объекты! Если при цене p какой-то участник снижает свой спрос на единицу и оказывается, что из-за этого кто-то из остающихся участников гарантировал себе получение одного объекта, то этот кто-то платит за указанный объект цену p .

Рассмотрим пример с выигрышами (полезностью) участников от получения очередной лицензии, описанными в таблице 2. Как всегда, полезность от обладания дополнительной единицей товара убывает: в соответствии с этим, выигрыш каждого участника от дополнительного объекта меньше (не строго) выигрыша от предыдущей единицы.

Т а б л и ц а 2

Предельная ценность объектов для участников аукциона (млн руб.)

	Анна	Борис	Валентина	Галина	Диана	Егор
Ценность 1-го объекта	125	75	150	85	40	45
Ценность 2-го объекта	110	20	150	65	25	10
Ценность 3-го объекта	100	5	45	15	20	5

Источник: составлено автором.

Мы будем анализировать ситуацию, в которой каждый участник аукциона будет торговаться «честно», то есть не снижать спрос до тех пор, пока цена не превышает предельную полезность от очередной единицы. Например, Борис будет, придерживаясь такой стратегии, запрашивать следующее: при $p < 5$ — 3 объекта, при $5 \leq p < 20$ — 2 объекта, при $20 \leq p < 75$ — 1 объект, при $75 \leq p$ — 0.

Что произойдет, если все участники будут придерживаться таких «честных» стратегий? Аукцион закончится при цене 85 на табло, а распределение объектов будет таким: Анна получит 3 лицензии и заплатит 65 млн руб. за первую выигранную лицензию, 75 млн — за вторую и 85 млн — за третью. Валентина получит 2 лицензии и заплатит 75 млн руб. за первую выигранную лицензию и 85 млн — за вторую. Как проходит аукцион и определяется цена за конкретный объект, можно увидеть в таблице 3.

Ход аукциона Аузубеля

Цена	Спрос, единиц объектов						Совокупный спрос	Гарантированные лицензии
	Анна	Борис	Валентина	Галина	Диана	Егор		
0	3	3	3	3	3	3	18	
5	3	2	3	3	3	2	16	
10	3	2	3	3	3	1	15	
15	3	2	3	2	3	1	14	
20	3	1	3	2	2	1	12	
25	3	1	3	2	1	1	11	
40	3	1	3	2	0	1	10	
45	3	1	2	2	0	0	8	
65	3	1	2	1	0	0	7	Анна гарантирует получение 1-го объекта
75	3	0	2	1	0	0	6	Анна гарантирует получение 2-го объекта, а Валентина — 1-го
85	3	0	2	0	0	0	5	Анна гарантирует получение 3-го объекта, а Валентина — 2-го

Источник: составлено автором.

В аукционе, проводящемся по таким правилам, следование «честным стратегиям» будет равновесием. Результат эффективен: все пять объектов получены покупателями с самыми высокими (предельными) ценностями.

Теперь посмотрим, что произойдет, если аукцион проводится точно так же, но по правилам «равной цены», то есть все победители аукциона платят за лицензии одинаковую цену. Можно показать, что следование «честным стратегиям» не будет равновесием по Нэшу. Действительно, предположим, что все участники аукциона, кроме Анны, выставляют спрос в соответствии со своими предельными полезностями (см. табл. 2). Что сделает Анна, когда цена достигнет 75 млн? В этот момент спрос составляет (3,0,2,1,0,0), то есть совокупный спрос равен 6. У Анны есть два варианта продолжения: торговаться в соответствии со своими предельными полезностями или немедленно прекратить аукцион, снизив спрос на 1. Если продолжать торговлю, выигрыш Анны равен $125 + 110 + 100 - 3 \times 85 = 80$. Если занизить спрос на 1, то ее выигрыш составит $125 + 110 - 2 \times 75 = 85$. Значит, Анне невыгодно продолжать торг: как в стандартной задаче монополиста, стратегическое занижение спроса приносит дополнительную выгоду. При этом и доходы продавца, и эффективность ниже, чем в аукционе Аузубеля. Преимущество аукциона Аузубеля состоит в том, что в нем, как и в аукционе Викри, цена объекта, которую платит победитель, не зависит от его ставки, обеспечивающей ему этот объект.

Комбинаторный часовой аукцион

Этот аукцион позволяет участникам делать ставки на разные комбинации продаваемых объектов. Он состоит из двух этапов. На первом этапе определяется, какое количество объектов выиграет каждый участник,

и рассчитываются «базовые» цены. Первый этап начинается с «часовой» стадии — аукционист повышает цену, в каждом раунде узнавая спрос участников по этой цене. Когда спрос перестает превышать предложение, процесс останавливается. После этого у участников появляется возможность увеличить свою ставку на пакет (комбинацию объектов), за который они торговались, а также сделать ставки на новые пакеты.

На втором этапе включается алгоритм, который по формулам, обобщающим формулы для аукциона второй цены и комбинаторного аукциона Викри, выбирает такое распределение объектов по участникам, что оно максимизирует совокупную ценность для всех участников. Цены определяются аналогично аукциону Викри: каждый платит цену, которая была бы выигрышем победителя, если бы этого участника не было.

Несмотря на то что комбинаторный часовой аукцион в теории работает лучше, чем одновременный открытый аукцион, у него есть структурные недостатки. Участники, торгующиеся за небольшие объемы, получают непропорционально маленькую маржу, значит, у них слабые стимулы участвовать в аукционе. Несмотря на то что в аукционах типа Викри собственная ставка не влияет на цену, которую платит участник (именно это свойство делает в аукционе второй цены оптимальным сообщением в качестве ставки ценности объекта), ставку можно использовать, чтобы нанести вред другим участникам. Как и в аукционе Викри, наряду с эффективным равновесием в комбинаторном часовом аукционе имеется неэффективное. Тем не менее в 2008 г. этот формат был принят в качестве основного механизма распределения радиочастот в Великобритании, а потом его использовали правительства Австралии, Австрии, Дании, Ирландии, Канады, Нидерландов, Румынии, Словакии и Швейцарии.

Двусторонние аукционы

В 2010-е годы перед командой Милгрота была поставлена новая задача. Значительная часть доступных радиочастот уже находилась в чьей-то собственности. Соответственно, необходимо было организовать аукцион, на котором сначала частоты выкупались у нынешних владельцев, а потом продавались новым. Такой аукцион был проведен в 2017 г. Он стал реальным воплощением визионерского предложения Коуза (Coase, 1959)¹².

Двусторонний аукцион Милгрота состоит из двух частей. В 2017 г. аукцион по выкупу прав на использование частот потребовал 10,1 млрд долл., после чего эти частоты были проданы на аукционе, принеся 19,8 млрд. Таким образом, американские налогоплательщики получили 10 млрд долл. (и еще остался значительный запас непроданного спектра). Создание конкурентного рынка действительно привело к повышению экономической эффективности. Чтобы обеспечить эффективную передачу частот на всем рынке, не прекращая работы телевизионных станций, пришлось преодолеть серьезные экономиче-

¹² Современное обсуждение см. в: Hazlett et al., 2011.

ские препятствия. Покупка-продажа коснулась только 5% всех используемых частот, но нужно было осуществить передачу разных участков спектра так, чтобы покупатели не оказались с «разорванными» кусками спектра в руках (Milgrom, Segal, 2017).

В научном обосновании Нобелевской премии 2020 г., присужденной Милгрому и Уилсону, анонимные эксперты-консультанты Нобелевского комитета написали о том, что отсутствие одного идеального формата для аукциона неслучайно. Оптимальная организация аукциона зависит от поставленной задачи, контекста и специфики рынка. Даже если организаторам удастся избежать технических ошибок, точно выбрав минимальную цену, объем и состав выставляемых на торги пакетов и определив систему доступа к кредиту, то найдется масса факторов, которые сделают аукцион несовершенным. Например, если правила аукциона объявлены задолго до проведения, то потенциальные участники могут сговориться или независимо выработать стратегии, снижающие прибыль продавца и эффективность. Во многих ситуациях ключевую роль играет политика: участники рынка могут быть не заинтересованы ни в конкурентном распределении активов, ни в острой конкуренции на рынке конечного товара. В этом случае они будут лоббировать форматы аукционов, которые удобны им, ограничивают вход и т. п.

Тем не менее, как бы ни были важны эти «внеаукционные» факторы, снижающие качество сложного аукциона, разработанного специалистами, они будут играть еще большую роль в ситуации, когда активы будут перераспределяться через нерыночные механизмы. Даже самая честная и компетентная комиссия не сможет правильно выяснить, какой претендент на активы сможет использовать их с наибольшей своей и общественной пользой. Неслучайно частные фирмы, продающие активы, все чаще прибегают к аукционам и другим конкурентным механизмам продажи.

Список литературы / References

- Измалков С. Б., Сонин К. И. (2017). Основы теории контрактов (Нобелевская премия по экономике 2016 года — Оливер Харт и Бенгт Хольмстрем) // Вопросы экономики. № 1. С. 5–21. [Izmalkov S. B., Sonin K. I. (2017). Basics of contract theory (Nobel Memorial Prize in Economic Sciences 2016 — Oliver Hart and Bengt Holmström). *Voprosy Ekonomiki*, No. 1, pp. 5–21. (In Russian).] <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2017-1-5-21>
- Измалков С., Сонин К., Юдкевич М. (2008). Теория экономических механизмов (Нобелевская премия по экономике 2007 г.) // Вопросы экономики. № 1. С. 4–26. [Izmalkov S., Sonin K., Yudkevich M. (2008). Theory of mechanism design (2007 Nobel Prize in economics). *Voprosy Ekonomiki*, No. 1, pp. 4–26. (In Russian).] <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2008-1-4-26>
- Мас-Колелл А., Уинстон М., Грин Д. (2016). Микроэкономическая теория. М.: Дело. [MasColler A., Whinston M., Green J. (2016). *Microeconomic theory*. Moscow: Delo. (In Russian).]
- Ausubel L. (2004). An efficient ascending bid auction for multiple objects. *American Economic Review*, Vol. 94, No. 5, pp. 1452–1475. <https://doi.org/10.1257/0002828043052330>

- Ausubel L., Milgrom P. (2002). Ascending auctions with package bidding. *The B.E. Journal of Theoretical Economics*, Vol. 1, No. 1, pp. 1–44. <https://doi.org/10.2202/1534-5963.1019>
- Ausubel L., Cramton P., Milgrom P. (2006). The clock-proxy auction: A practical combinatorial auction design. In: P. Cramton, Y. Shoham, R. Steinberg (eds.). *Combinatorial auctions*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Binmore K., Klemperer P. (2002). The biggest auction ever: The sale of the British 3G telecom licences. *Economic Journal*, Vol. 112, No. 478, pp. C74–C96. <https://doi.org/10.1111/1468-0297.00020>
- Coase R. (1959). The Federal Communications Commission. *Journal of Law and Economics*, Vol. 2, No. 1, pp. 1–40. <https://doi.org/10.1086/466549>
- Cramton P., Schwartz J. A. (2000). Collusive bidding: Lessons from the FCC spectrum auctions. *Journal of Regulatory Economics*, Vol. 17, pp. 229–252 .
- Daley B., Schwarz M., Sonin K. (2012). Efficient investment in a dynamic auction environment. *Games and Economic Behavior*, Vol. 75, No. 1, pp. 104–119. <https://doi.org/10.1016/j.geb.2011.11.006>
- Dasgupta P., Maskin E. (2000). Efficient auctions. *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 115, No. 2, pp. 341–388. <https://doi.org/10.1162/003355300554755>
- Edelman B., Ostrovsky M., Schwarz M. (2007). Internet advertising and the generalized second-price auction: Selling billions of dollars worth of keywords. *American Economic Review*, Vol. 97, No. 1, pp. 242–259. <https://doi.org/10.1257/aer.97.1.242>
- Hayek F. (1937). Economics and knowledge. *Economica*, Vol. 4, No. 13, pp. 33–54. <https://doi.org/10.2307/2548786>
- Hayek F. (1945). The use of knowledge in society. *American Economic Review*, Vol. 35, No. 4, pp. 519–530.
- Hazlett T., Porter D., Smith V. (2011). Radio spectrum and the disruptive clarity of Ronald Coase. *Journal of Law and Economics*, Vol. 54, No. S4, pp. S125–S165. <https://doi.org/10.1086/662992>
- Jackson M. (2003). Mechanism theory. In: U. Derigs (ed.). *Optimization and operations research*, Vol. 3. Oxford: EOLSS Publishers.
- Klemperer P. (1999). Auction theory: A guide to the literature. *Journal of Economic Surveys*, Vol. 13, No. 3, pp. 227–286. <https://doi.org/10.1111/1467-6419.00083>
- Klemperer P. (2004). *Auctions: Theory and practice*. Princeton: Princeton University Press.
- Lambert-Mogiliansky A., Sonin K. (2006). Collusive market sharing and corruption in procurement. *Journal of Economics and Management Strategy*, Vol. 15, No. 4, pp. 883–908. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9134.2006.00121.x>
- Levin J., Skrzypacz A. (2016). Properties of the combinatorial clock auction. *American Economic Review*, Vol. 106, No. 9, pp. 2528–2551. <https://doi.org/10.1257/aer.20141212>
- Maskin E. (2004). The unity of auction theory: Milgrom’s masterclass. *Journal of Economic Literature*, Vol. 42, No. 4, pp. 1102–1115. <https://doi.org/10.1257/0022051043004586>
- Mikoucheva A., Sonin K. (2004). Information revelation and efficiency in auctions. *Economics Letters*, Vol. 83, No. 3, pp. 277–284. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2003.06.004>
- Milgrom P., Segal I. (2017). Designing the US incentive auction. In: M. Bichler, J. Goeree (eds.). *Handbook of spectrum auction design*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Milgrom P., Weber R. (1982). A theory of auctions and competitive bidding. *Econometrica*, Vol. 50, No. 5, pp. 1089–1122. <https://doi.org/10.2307/1911865>
- Myerson R. (1981). Optimal auction design. *Mathematics of Operations Research*, Vol. 6, No. 1, pp. 58–73. <https://doi.org/10.1287/moor.6.1.58>
- Myerson R. (1991). *Game theory: Analysis of conflict*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

- Myerson R., Satterthwaite M. (1983). Efficient mechanisms for bilateral trading. *Journal of Economic Theory*, Vol. 29, No. 2, pp. 265–281. [https://doi.org/10.1016/0022-0531\(83\)90048-0](https://doi.org/10.1016/0022-0531(83)90048-0)
- Vickrey W. (1961). Counterspeculation, auctions, and competitive sealed tenders. *Journal of Finance*, Vol. 16, No. 1, pp. 8–37. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1961.tb02789.x>
- Wilson R. (1967). Competitive bidding with asymmetric information. *Management Science*, Vol. 13, No. 11, pp. 773–945. <https://doi.org/10.1287/mnsc.13.11.816>
- Wilson R. (1979). Auctions of shares. *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 93, No. 4, pp. 675–689. <https://doi.org/10.2307/1884475>
-

The principles of auction theory (Nobel Memorial Prize in Economic Sciences 2020)

Konstantin I. Sonin

Author affiliation: ¹University of Chicago (Chicago, IL, United States);
²HSE University (Moscow, Russia). Email: ksonin@gmail.com

Auction theory is the core of modern economic theory, and standard auctions are the basic elements of many models in microeconomics, public economics, and finance. Theoretical studies of auctions have shaped the modern understanding of the economic role of information in competitive market, and of price theory. Applied analysis of auctions has underpinned important practical mechanisms — for example, mechanisms of privatization and re-privatization of electromagnetic spectrum and public procurement. The 2020 Nobel Memorial Prize in Economic Sciences was awarded to Robert Wilson and Paul Milgrom both for their contributions to the foundations of auction theory and for the development of large-scale practical applications.

Keywords: auction theory, competitive pricing, spectrum auctions, Nobel Memorial Prize in Economic Sciences.

JEL: D44, D47.