

МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ ЗАКУПКИ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ШКОЛ И КОНКУРЕНЦИИ МЕЖДУ ПОСТАВЩИКАМИ[#]

А. Д. Богданов*, Д. В. Колобов**, А. В. Щепкин***

***Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный

**Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва

*✉ andrey.bogdanov@phystech.edu, **✉ dmitry.kolobov@gmail.com, ***✉ av_shch@mail.ru

Аннотация. Предметом настоящего исследования являются взаимодействие школ и поставщиков, а также процессы конкуренции между поставщиками за осуществление государственной закупки. Школа, максимизируя значение своей функции полезности, определяет оптимальное распределение своего бюджета между расходами на оплату труда и закупку оборудования. Далее за бюджет школы на оборудование начинают конкурировать различные поставщики, максимизирующие либо свою прибыль, либо выручку. В зависимости от рынка (муниципальный, региональный, российский) для описания процесса закупки могут применяться различные модели, начиная от модели совершенно конкурентного рынка и олигополии и заканчивая монополией. В случае монополии поставщики не будут предоставлять скидки на продукцию, при совершенной конкуренции поставщики предоставляют скидки на уровне их максимальной прибыли. Предложены новые применения ряда моделей теории игр к закупкам материально-технического обеспечения и к описанию конкуренции между поставщиками.

Ключевые слова: школьное образование, конкуренция, принятие решений, олигополия, монополия, аукцион, теория игр.

ВВЕДЕНИЕ

Школа является важным институтом социально-экономического развития любой страны. Именно в ней закладываются основы личности человека, базовые навыки, умения и ценности, инструменты общения и эмоционального интеллекта. Для того, чтобы школа могла осуществлять свою деятельность, необходимо наличие профессионального педагогического состава и, что не менее важно, наличие специализированной материальной базы. Материальная база может быть различной: начиная от базовых парт, досок и заканчивая совре-

менными интерактивными досками и робототехническими наборами [1].

В связи с тем, что школа несет в себе не только образовательную функцию, но и формирует в России огромный рынок поставок материального обеспечения объемом более 100 миллиардов рублей в год, этот рынок представляет особый интерес для анализа с использованием инструментов теории игр и теории управления.

Для анализа вышеупомянутого рынка прежде всего необходимо установить, как школа определяет необходимый перечень оборудования и годовой бюджет на него. Далее школа осуществляет закупку материально-технического обеспечения, для чего объявляет конкурсную процедуру, находясь под нормативно-правовыми ограничениями и ограничениями, накладываемыми на нее иными центрами принятия решений (муниципалитетом,

[#] Исследование выполнено при финансовой и организационной поддержке лаборатории нейротехнологий и человеко-машинного взаимодействия МФТИ и Минобрнауки в рамках грантов молодежным лабораториям.

субъектом федерации и т. д.). В случае Российской Федерации данными ключевыми ограничениями выступают Федеральные законы № 223 и 44 [2, 3], а также организационно-правовая форма школ и нормативные ограничения каждого отдельного региона.

Закупка осуществляется либо напрямую, либо через специальные механизмы государственных закупок. Чаще всего несколько ключевых поставщиков (2–4), конкурируют за поставку материального обеспечения, предлагая наименьшую стоимость закупаемого оборудования. Однако может существовать и иная ситуация, в которой либо данную поставку оборудования может осуществить только единственный поставщик на рынке (оборудование уникально), либо лоты настолько стандартны, что могут быть поставлены широким кругом компаний.

Поставщики определяют, участвовать им в закупке или нет, ориентируясь на несколько критериев. Во-первых, это возможность поставить необходимое оборудование. Во-вторых, это функция полезности поставщика, которая является либо его выручкой (если данный поставщик является крупным (более 400 млн руб. годового оборота), при условии положительной маржинальности проекта), либо прибылью. В-третьих, это ситуация на рынке (количество иных поставщиков) и наличие инсайдерской и иной информации.

Важно отметить, что в данной работе рассмотрена лишь часть моделей определенного спектра ситуаций, которые могут наблюдаться на реальном рынке образования, а также исследовано прежде всего влияние материально-технического обеспечения и оплаты труда педагогов на значение функции полезности школы.

1. ФУНКЦИЯ ПОЛЕЗНОСТИ ШКОЛ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО ОБЪЕМА ЗАКУПКИ

Возьмем среднестатистическую российскую школу, прием детей в которую осуществляется без вступительных испытаний. Школа работает в стабильном режиме, в ней нет недовольства уровнем образования и финансовых проблем. Функцией образовательного результата [4] школ, которая также является функцией полезности, являются средние результаты выпускников, измеряемые в самой распространенной метрике – в баллах ЕГЭ. Материально-техническая (или материальная) база может быть накопленной (показатель A), если школа имеет определенную материально-техническую базу, которая была сформирована

ранее. A в текущем году школа тратит свой бюджет (M) на оплату труда педагогов в текущем году (L) и на увеличение материально-технической базы в текущем году (K). Все переменные выражаются в рублях, так как общий бюджет, накопленная и закупленная на текущий год материальная база, затраты на оплату труда работников выражаются в рублях [5].

Таким образом, имеем следующий общий вид функции образовательного результата:

$$U = f(A, K, L, M).$$

Весь бюджет школы распределяется на материальное обеспечение и зарплату учителей ($M = L + K$), т. е. $M = M(K, L)$. Таким образом, получаем упрощенную функцию f от трех, а не четырех переменных:

$$U = f(A, K, L).$$

В работе [6] рассмотрены различные потенциальные функции полезности школ и выделена одна из них, которая отвечает большому числу требований к функции полезности школ (возрастающая по K , A и L функция, обладающая убывающим эффектом масштаба, равна нулю, если все показатели равны нулю или если нет расходов на оплату труда педагогов). Данной функцией является сумма разностей функций Кобба – Дугласа, которую мы назовем в данной работе «двойной» функцией Кобба – Дугласа [5]

$$U = f(A, K, L) = CK^\alpha L^{1-\alpha} + BA^\beta L^{1-\beta},$$

$$0 < \alpha < 1, 0 < \beta < 1, C, B > 0.$$

Школа отчитывается о результатах предыдущего года и формирует свой бюджет M из финансовых поступлений со стороны муниципальных, региональных и/или федеральных органов власти, а также в пределах внебюджетных средств. Бюджет M является в данной модели внешне заданным фиксированным параметром. Далее школа решает задачу максимизации своей функции полезности (на множестве $A, L, K \geq 0$). В источнике [6] рассмотрены различные решения данной задачи максимизации и показано, что задача имеет решение при данном виде функции, и решение справедливо для любых значений параметров на множестве $A, L, K \geq 0$. Таким образом, школа определяет свой оптимальный бюджет на требуемое к поставке в текущем году оборудование (K_0), измеряемый в рублях, и сообщает его поставщикам (рис. 1) [5, 7].

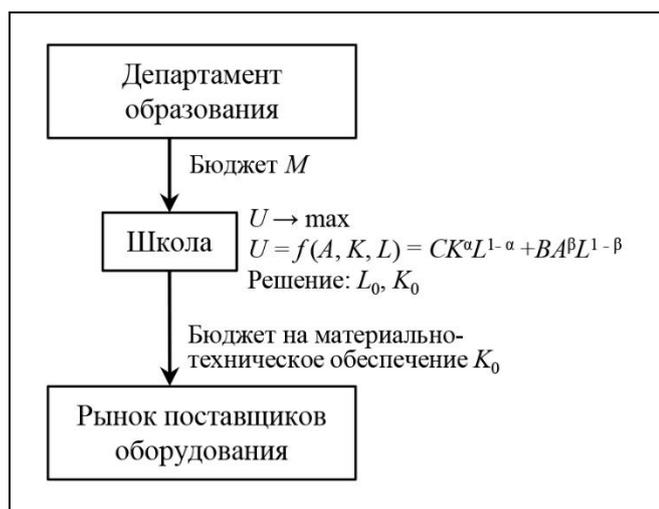


Рис. 1. Трехуровневая обобщенная схема распределения бюджетов на материально-техническое обеспечение

Более подробно определение функции полезности количественными методами и применение «двойной» функции Кобба – Дугласа рассматривается в статье [6] для решения задачи определения вида функции полезности на количественных данных Комитета образования Санкт-Петербурга и сервиса государственных закупок на множестве $A, L, K \geq 0$. Так, на основе реальных данных школ города Санкт-Петербурга получено следующее выражение:

$$U \sim K^{0,55} L^{0,45} + \frac{2}{3} A^{0,12} L^{0,88}.$$

2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНКУРЕНЦИИ ПОСТАВЩИКОВ ЗА ЗАКУПКУ

2.1. Базовая модель

Рассмотрим модель взаимодействия школы и поставщиков, которую будем называть базовой. Данная модель имеет место для компаний, которые максимизируют свою прибыль. Также компании имеют представление о виде функции полезности друг друга (функция полезности является «двойной» функцией Кобба – Дугласа), но не знают значений внутренних показателей друг друга (постоянные и переменные издержки), а также не знают значений прибыли друг друга и могут предположить, что издержки их конкурентов находятся «где-то между нулем и стоимостью закупки» (т. е. в диапазоне от максимальной скидки на уровне цены поставки, если компания несет очень низкие, равные нулю издержки, до минимальной, равной нулю, когда издержки компании находятся на уровне цены поставки). Данная модель часто

наблюдается в реальной жизни, когда компании конкурируют в рамках закрытого аукциона первой цены и нет компании, которая знает информацию о внутренних процессах других компаний (процесс государственной закупки). Будем считать, что поставщики оборудования конкурируют сразу за весь размер бюджета школы на материально-техническое обеспечение в текущем году (K_0), т. е. в данной модели школа в текущем году тратит единообразно все свои средства на материально-техническое обеспечение, а не делит свой размер бюджета на несколько закупок. Когда поставщикам становится известен данный размер бюджета, те поставщики, которые могут поставить запрашиваемое школой оборудование, начинают конкурировать по стоимости, предоставляя различные скидки (ΔM_i – скидка, которую i -й поставщик предоставляет в рамках закупки).

Рассмотрим сначала общую схему (рис. 2), когда на рынке существует n поставщиков, которые могут поставить запрашиваемое оборудование. Сделаем предположение, что все поставщики максимизируют свою прибыль

$$\begin{aligned} \pi_i &= K_0 - FC_i - p_i K_0 - \Delta M_i = \\ &= (1 - p_i) K_0 - FC_i - \Delta M_i, \end{aligned}$$

где p_i – отношение переменных издержек по поставке материально-технического обеспечения в объеме K_0 к сумме поставки K_0 ; FC_i – постоянные издержки i -го поставщика (индивидуальные для каждого поставщика, но не зависящие от объема произведенной продукции, например, расходы на аренду офиса, охрану, коммунальные расходы, часть затрат на оплату труда). Поставщик начинает максимизировать свою прибыль в зависимости от предоставляемой скидки ΔM_i , так как остальные показатели являются для каждого поставщика заданными.

Фактически между поставщиками начинается Байесова игра [7], иначе называемая игрой с неполной информацией. Данная игра проводится, если хотя бы один из игроков не знает как минимум одну функцию полезности иных игроков. В нашем случае функции полезности каждого поставщика в базовом варианте неизвестны никому, кроме него самого.

Функцию прибыли поставщика мы можем привести к следующему виду:

$$\begin{aligned} \pi_i &= (1 - p_i) K_0 - FC_i - \Delta M_i = \\ &= g(p_i, FC_i, K_0) - \Delta M_i = U_i - \Delta M_i. \end{aligned}$$

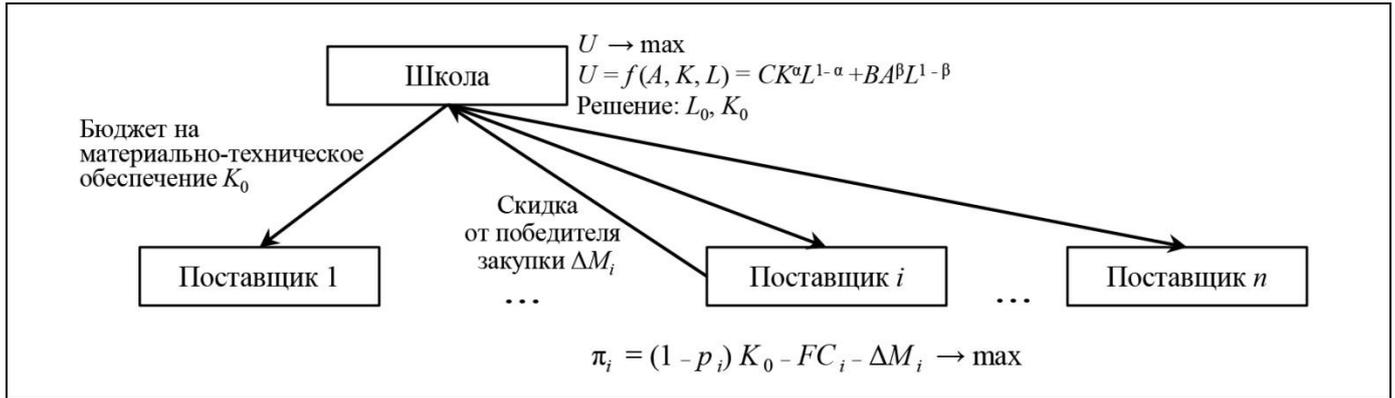


Рис. 2. Двухуровневая обобщенная схема конкуренции поставщиков за осуществление поставки

Предположим, что поставщики не знают предлагаемых стоимостей продукции друг друга, а также что функции полезности каждого поставщика независимы друг от друга. Согласно законодательству Российской Федерации закупка фактически осуществляется как аукцион первой цены [8, 9], т. е. тот поставщик, который предложит самую низкую стоимость (самую высокую скидку на набор оборудования), получает возможность поставки.

Поскольку полезности U_i у каждого поставщика независимы друг от друга, игрок i рассматривает $\forall j, j \in 1..n, j \neq i$, π_j как равномерно распределенную от нуля до K_0 величину (рис. 3).

Функция выигрыша i -го поставщика примет следующий вид:

$$\pi_i(\Delta M_1, \Delta M_2, \dots, \Delta M_n) = \begin{cases} U_i - \Delta M_i, & \Delta M_i = \max_j(\Delta M_1, \Delta M_2, \dots, \Delta M_n), \\ 0, & \Delta M_i < \max_j(\Delta M_1, \Delta M_2, \dots, \Delta M_n). \end{cases}$$

Для начала рассмотрим частный случай олигополии, когда на рынке борются за поставку трое поставщиков. Рассмотрим данную ситуацию со стороны условного первого поставщика ($i = 1$).

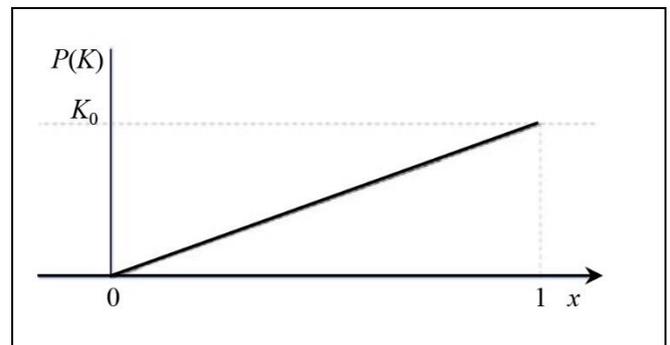
Вычислим вероятность того, что $\Delta M_1 > \Delta M_2$ и $\Delta M_1 > \Delta M_3$ со стороны первого поставщика. В данном случае, если поставщик 1 дает наибольшую скидку, он выигрывает закупку:

$$\begin{aligned} p(\Delta M_1 > \Delta M_{j, j=2,3}) &= \\ &= p(\Delta M_1 > \Delta M_2 \cup \Delta M_1 > \Delta M_3) = \\ &= p(\Delta M_1 > \Delta M_2) p(\Delta M_1 > \Delta M_3 | \Delta M_1 > \Delta M_2) = \\ &= \frac{\Delta M_1}{K_0} \times \frac{\Delta M_1}{K_0} = \left(\frac{\Delta M_1}{K_0}\right)^2. \end{aligned}$$

Такой же результат можно получить в более общем случае, зная функцию распределения вероятности

$$h_j(x) = \begin{cases} \frac{1}{K_0}, & \Delta M_i \in [0, K_0], \\ 0, & \Delta M_i \notin [0, K_0], \end{cases}$$

$$\forall j \rightarrow p(\Delta M_i > \Delta M_j) = \int_0^{\Delta M_i} \frac{1}{K_0} dx = \frac{\Delta M_i}{K_0}.$$


 Рис. 3. График плотности вероятности скидки у иных поставщиков, рассматриваемый i -м поставщиком

Фактически i -й поставщик решает задачу максимизации своего математического ожидания: $(U_i - \Delta M_i) \times (\Delta M_i / K_0)^2 \rightarrow \max$. Решая эту задачу, получим, что наибольшее математическое ожидание соответствует случаю, когда $\Delta M_i = 2U_i / 3$. Таким образом, все поставщики предложат такие скидки и победит в закупке поставщик, предложивший наибольшую скидку.

Аналогично, решая задачу для $n = 2$, мы можем получить $\Delta M_i = U_i / 2$, а $p(\Delta M_1 > \Delta M_2) = \Delta M_1 / K_0$. Данное утверждение будет базой математической индукции для доказательства общего случая.



2.2. Дополнительная модель

Докажем переход. Предположим, что для определенного $n = k$ выполняется $p(\Delta M_i > \forall \Delta M_j, i \neq j) = \Delta M_i^{k-1} / K_0^{k-1}$. Обозначим случайную нумерацию поставщиков. Тогда для $n = k + 1$ поставщиков будет выполняться следующее:

$$\begin{aligned} & p(\Delta M_1 > \forall \Delta M_{j, j=2,3,\dots,k+1}) = \\ & = p(\Delta M_1 > \Delta M_2 \cup \Delta M_1 > \Delta M_3 \cup \Delta M_1 > \\ & > \Delta M_4 \dots \cup \Delta M_1 > \Delta M_{k+1}) = \\ & = p(\Delta M_1 > \Delta M_2 \cup \Delta M_1 > \\ & > \Delta M_3 \cup \Delta M_1 > \Delta M_4 \dots \cup \Delta M_1 > \Delta M_k) \times \\ & \times p(\Delta M_1 > \Delta M_{n+1} | \Delta M_1 > \Delta M_2 \cup \Delta M_1 > \\ & > \Delta M_3 \cup \Delta M_1 > \Delta M_4 \dots \cup \Delta M_1 > \Delta M_k) = \\ & = \frac{\Delta M_1^{k-1}}{K_0^{k-1}} \times \frac{\Delta M_1}{K_0} = \frac{\Delta M_1^k}{K_0^k}. \end{aligned}$$

Тогда согласно принципу математической индукции для любого $n \geq 2$ имеем $p(\Delta M_i > \forall \Delta M_j, i \neq j) = \Delta M_i^{n-1} / K_0^{n-1}$.

Решим задачу максимизации математического ожидания прибыли от закупки одним поставщиком. В общем случае решается задача $(U_i - \Delta M_i) \times (\Delta M_i / K_0)^{n-1} \rightarrow \max$. в результате получим, что скидка, которую будет делать поставщик, равна

$$\Delta M_i = \frac{U_i(n-1)}{n}.$$

Данная модель позволяет описать реальную рыночную ситуацию. Действительно, в крайнем случае монополии поставщик оборудования скидок делать не будет ($\Delta M_i = 0$). Решение является логичным, в частности, если $n \rightarrow \infty, \Delta M_i \rightarrow U_i$, т. е. в случае идеальной совершенной конкуренции поставщики будут предлагать поставить оборудование с нулевой для них прибылью.

Это описывает и ситуацию на реальном товарном рынке. Так, в качестве яркого примера можно привести группу компаний «Просвещение», которая является монополистом по ряду позиций рынка образовательной продукции. На целый ряд данной продукции (такой, как учебники) поставщик отказывается делать скидки, что также сказывается на рыночной цене и ее росте за последние годы. Рынок же канцелярских товаров является рынком почти совершенной конкуренции. На этом рынке наблюдается низкая маржинальность, что является следствием большого числа поставщиков.

Рассмотрим модель, включающую сначала двух, а затем нескольких поставщиков, часть из которых максимизируют прибыль, а часть выручку. Так же, как и в п. 2.1 данной статьи, компании имеют представление о виде функции полезности друг друга, но не знают значений внутренних показателей друг друга (постоянные и переменные издержки), а также не знают значений прибыли друг друга и могут предположить, что их издержки находятся «где-то между нулем и стоимостью закупки» (т. е. от максимальной скидки на уровне стоимости поставки, если компания несет очень низкие, равные нулю издержки, до минимальной, равной нулю, когда издержки компании находятся на уровне цены поставки). Данный случай описывает вариант, когда в закупку вмешиваются крупные поставщики (чья выручка составляет более 400 млн руб./год). В п. 2.1 в качестве базового было выдвинуто предположение, что все поставщики оборудования для образовательных организаций максимизируют свою прибыль, которая является функцией полезности поставщика. Однако это не всегда так. Обычно крупные поставщики, которые конкурируют за закупку с малыми, максимизируют свою выручку.

Таким образом, их функция полезности является выручкой и поставщик решает задачу ее максимизации:

$$\begin{aligned} & TR_i \rightarrow \max, \\ & TR_i = K_0 - \Delta M_i, \pi_i = (1 - p_i) K_0 - FC_i - \Delta M_i = \\ & = g(p_i, FC_i, K_0) - \Delta M_i = U_i - \Delta M_i \geq 0. \end{aligned}$$

Из этого следует, что максимальный уровень скидки, который может сделать поставщик, составляет $\Delta M_i = (1 - p_i) K_0 - FC_i$.

Рассмотрим случай, когда в конкурсе участвуют два поставщика: один максимизирует прибыль, а второй выручку, при этом оба знают свой тип (рис. 4).

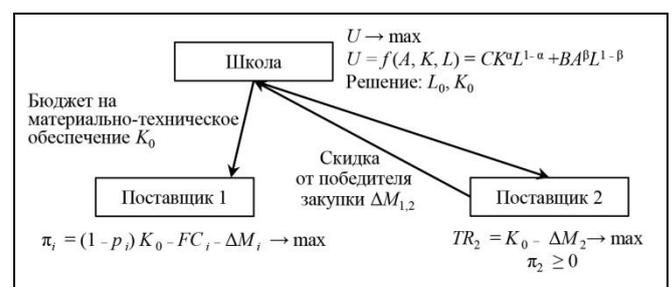


Рис. 4. Двухуровневая схема конкуренции двух поставщиков за осуществление поставки: поставщик 1 максимизирует прибыль, поставщик 2 максимизирует выручку

Поставщики не знают вероятность того, что их скидка больше скидки конкурента, поэтому будут считать друг для друга ее равномерно распределенной от нуля до K_0 . Аналогично прошлому случаю, поставщик, максимизирующий прибыль (поставщик 1), выставит скидку $\Delta M_1 = U_1 / 2$. Рассмотрим действия второго поставщика (максимизирующего выручку). Он будет максимизировать математическое ожидание своего выигрыша $(K_0 - \Delta M_2) \times (\Delta M_2 / K_0)$, таким образом выставя скидку $\Delta M_2 = K_0 / 2$, если при этом прибыль останется положительной. В противном случае скидка будет равна $\Delta M_2 = U_2$. Победитель конкурса будет определяться в зависимости от того, чья скидка будет больше.

Рассмотрим общий случай n поставщиков, $n = k + m$, где k – число поставщиков, максимизирующих прибыль (тип I), а m – число поставщиков, максимизирующих выручку (тип II). Тогда организации выставят следующие скидки:

- $\Delta M_{i(k)} = \frac{U_i (n-1)}{n}$ – скидка компаний типа I;
- $\begin{cases} \Delta M_{i(m)} = \frac{K_0 (n-1)}{n}, U_i - \frac{K_0 (n-1)}{n} \geq 0, \\ \Delta M_{i(m)} = U_i, \text{ в противном случае} \end{cases}$ – скидка компаний типа II.

ка компаний типа II.

Отсюда следует достаточно логичный выход. Пусть мы имеем хорошо управляемую компанию типа II, у которой низкий уровень внутренних издержек (FC , p). Тогда у этой компании потолок скидки очень высок, и она имеет гораздо больше возможностей выиграть закупку у компании, максимизирующей прибыль. В реалиях российского образовательного рынка при процессе конкуренции, когда встречается малый (максимизирующий прибыль) и большой (максимизирующий выручку) поставщик, а закупка абсолютно конкурентна и отсутствует влияние нерыночных механизмов, то действительно большой поставщик выигрывает ее (как пример, ГК Просвещение, «Школьный мир» и т. д.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе рассмотрен ряд моделей закупки школами оборудования у поставщиков, а также моделей конкуренции между поставщиками. Значительная часть закупок в образовательной сфере согласно законодательству, действующему в отношении школ [2, 3], осуществляется по принципу Байесовой игры, в которой поставщики не

обладают информацией о функциях полезности друг друга, причем закупка будет являться аукционом первой цены.

Одним из таких случаев является случай, когда несколько поставщиков, максимизирующих свою прибыль, конкурируют за закупку (базовая модель). Отдельный поставщик в рамках базовой модели рассматривает прибыль другого поставщика как равномерно распределенную от нуля до стоимости закупки величину. Логичным является тот факт, что если имеет место монополия, то поставщик не будет снижать свою стоимость поставки, предлагая школе скидки на оборудование, однако при стремлении к совершенной конкуренции участники рынка будут предлагать скидки на уровне их максимальной прибыли.

Второй важный случай – это конкуренция за закупку поставщиков, максимизирующих или прибыль, или выручку (дополнительная модель). В данном случае при достаточно эффективных внутренних процессах в компании, максимизирующей выручку, можно ожидать ее победы в конкурентной закупке.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Kayan-Fadlelmula, F., Sellami, A., Abdelkader, N., Umer, S.* A systematic review of STEM education research in the GCC countries: trends, gaps, and barriers // *International Journal of STEM Education*. – 2022. – Vol. 9. – Art. no. 2. – DOI: <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00319-7>.
2. *Федеральный закон «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» от 18.07.2011 № 223-ФЗ.* – URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102149420> (дата обращения: 10.04.2023). [*Federal'nyi zakon «O zakupkakh tovarov, rabot, uslug ot del'nymi vidami yuridicheskikh lits»* ot 18.07.2011 No. 223-FZ. – URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102149420> (accessed April 10, 2023). (In Russian)]
3. *Федеральный закон «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» от 05.04.2013 № 44-ФЗ.* – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144624/ (дата обращения: 10.04.2023). [*Federal'nyi zakon «O kontraktnoi sisteme v sfere zaku-pok tovarov, rabot, uslug dlya obespecheniya gosudarstvennykh i munitsipal'nykh nuzhd»* ot 05.04.2013 No. 44-FZ. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144624/ (accessed April 10, 2023). (In Russian)]
4. *Механизмы управления: Учебное пособие / под ред. Д. А. Новикова.* – М.: УРСС (Editorial URSS), 2011. (Умное управление). [*Mekhanizmy upravleniya: Uchebnoe posobie / pod red. D. A. Novikova.* – М.: URSS (Editorial URSS), 2011. (Umnnoe upravlenie) (In Russian)]
5. *Богданов А.Д., Щепкин А.В., Колобов Д.В.* Моделирование поведения средних общеобразовательных школ и определение факторов, влияющих на их результаты // *Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2022): труды Пятнадцатой международной конференции.* – Москва,



2022. – P. 1393–1400. – DOI: 10.25728/mlsd.2022.1393. [Bogdanov, A.D., Shchepkin, A.V., Kolobov, D.V. Modelirovanie Povedeniya Srednikh Obshcheobrazovatel'nykh Shkol i Opredelenie Faktorov, Vliyayushchikh na Ikh Rezul'taty // Upravlenie razvitiem krupnomas-shtabnykh sistem (MLSD'2022): trudy Pyatnadtsatoi mezhdunarodnoi konferentsii. – Moscow, 2022. – P. 1393–1400. – DOI: 10.25728/mlsd.2022.1393. (In Russian)]
6. Богданов А.Д., Колобов Д.В., Щепкин А.В. Количественная валидация функции полезности средних общеобразовательных школ в зависимости от понесенных затрат и определение ее ключевых параметров // Труды МФТИ. – 2022. – Т. 14, № 4 (56). – С. 42–51. [Bogdanov, A.D., Kolobov, D.V., Shchepkin, A.V. Kolichestvennaya validatsiya funktsii poleznosti srednikh obshcheobrazovatel'nykh shkol v zavisimosti ot ponosennykh zatrat i opredelenie ee klyuchevykh parametrov // Trudy MFPI. – 2022. – Vol. 14, no. 4 (56). – P. 42–51. (In Russian)]
7. Бурков В.Н., Буркова И.В., Губко М.В. и др. Механизмы управления: Управление организацией: планирование, организация, стимулирование, контроль: учебное пособие // Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: ЛЕНАНД, 2013. – 216 с. [Burkov, V.N., Burkova, I.V., Gubko, M.V., et al. Mekhanizmy upravleniya: Upravlenie organizatsiei: planirovanie, organizatsiya, stimulirovanie, kontrol': uchebnoe posobie // Izd. 2-e, pererab. i dop. – M.: LENAND, 2013. – 216 s. (In Russian)]
8. Шагин В.Л. Теория игр: Учебное пособие. – М.: Издательство Юрайт, 2023. [Shagin, V.L. Teoriya igr: Uchebnoe posobie // – M.: Izdatel'stvo Yurait, 2023. (In Russian)]
9. Кремлев А.Г. Основные понятия теории игр : учебное пособие / Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 144 с.

[Kremlev, A.G. Osnovnye ponyatiya teorii igr : uchebnoe posobie / Ekaterinburg: IzD-vo Ural. un-ta, 2016. – 144 s. (In Russian)]

Статья представлена к публикации членом редколлегии Ф.Т. Алескеровым.

*Поступила в редакцию 05.05.2023,
после доработки 11.12.2023.
Принята к публикации 24.01.2024.*

Богданов Андрей Дмитриевич – аспирант, Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный, ✉ andrey.bogdanov@phystech.edu, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-3237-3082>

Колобов Дмитрий Валерьевич – канд. техн. наук, МФТИ, г. Долгопрудный, ✉ dmitry.kolobov@gmail.com, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3241-7834>

Щепкин Александр Васильевич – д-р техн. наук, Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва, ✉ av_shch@mail.ru, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7663-9674>

© 2024 г. Богданов А.Д., Колобов Д.В., Щепкин А.В.



Эта статья доступна по лицензии [Creative Commons «Attribution» \(«Атрибуция»\) 4.0 Всемирная](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

MODELING THE PROCUREMENT OF SCHOOL EQUIPMENT AND COMPETITION AMONG SUPPLIERS

A. D. Bogdanov*, D. V. Kolobov**, and A. V. Shchepkin***

***Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University), Dolgoprudny, Russia

***Trapeznikov Institute of Control Sciences, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

*✉ andrey.bogdanov@phystech.edu, **✉ dmitry.kolobov@gmail.com, ***✉ av_shch@mail.ru

Abstract. This paper is devoted to the interaction of schools and suppliers as well as the processes of competition among suppliers for public procurement. Maximizing its utility function, a school determines an optimal distribution of its budget between labor costs and the purchase of equipment. Next, different suppliers begin to compete for the equipment budget, maximizing either their profit or revenue. Depending on the market (municipal, regional, or All-Russian), the procurement processes can be described using various models, ranging from perfect competition and oligopoly to monopoly. In the case of monopoly, suppliers provide no discounts on their products; under perfect competition, suppliers reduce prices to the level of their maximum profit. New applications of several game-theoretic models to the procurement of equipment and the description of competition among suppliers are proposed.

Keywords: school education, competition, decision-making, oligopoly, monopoly, auction, game theory.

Acknowledgments. This work was supported by the Laboratory of Neurotechnology and Human-Machine Interaction (Moscow Institute of Physics and Technology) and the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.