

# Имитационное моделирование оптимальной цены предложения в контрактной системе государственных и муниципальных закупок

*Кисляков А. Н.*

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, Владимирский филиал, Владимир, Российская Федерация; ankislyakov@mail.ru

## *РЕФЕРАТ*

Работа направлена на решение актуальной проблемы оценки оптимальной цены предложения при участии в торгах на электронных площадках. Предлагаемый в работе подход основан на применении метода Монте-Карло для имитационного моделирования в целях не только адекватной оценки стоимости предлагаемого проекта, но и прогнозирования востребованности проекта при различных условиях, а также моделирования поведения и намерений участников аукциона. Построенная модель позволяет провести исследования механизма ценообразования на электронных торговых площадках. С помощью представленных методов имитационного моделирования выполнена оценка оптимальной цены предложения по контракту в зависимости от количества конкурентов и стоимости контракта, а также намерений участия конкурентов в аукционе, представлены результаты моделирования.

*Ключевые слова:* государственный и муниципальный заказ, имитационное моделирование, метод Монте-Карло

## **Simulation of Optimum Offer Prices in the Contract System in State and Municipal Procurement**

*Alexey N. Kislyakov*

Vladimir branch of RANEPH, Vladimir, Russian Federation; ankislyakov@mail.ru

## *ABSTRACT*

The work is aimed at solving the actual problem of estimating the optimal offer price with participation in tenders on electronic platforms. The proposed approach is based on the use of the Monte Carlo method for simulation in order not only to adequately assess the cost of the proposed project, but also to predict the demand for the project under different conditions, as well as to simulate the behavior and intentions of the auction participants. The constructed model allows us to study the pricing mechanism on electronic trading platforms. With the help of the presented simulation methods, the estimation of the optimal price of the contract proposal depending on the number of competitors and the contract value, as well as the intentions of the competitors' participation in the auction, the simulation results are presented.

*Keywords:* state and municipal order, simulation modeling, Monte Carlo method

## **Введение**

Одним из основных способов размещения заказов на поставки товаров, работ, услуг для государственных или муниципальных нужд (госзакупок) является аукционно-конкурсная форма размещения заказов на электронных площадках в сети Интернет, что в результате оказывает значительное влияние на поведение заказчиков и поставщиков услуг в условиях перехода к цифровой экономике. Несмотря на то, что условия заключения сделки оговариваются заранее в представленной документации, поставщикам зачастую оказывается достаточно сложно сопоставить

собственные возможности и конкурентные преимущества в борьбе за право заключения сделки. Это приводит как к снижению качества поставки товаров, работ, услуг для государственных или муниципальных нужд в силу неоправданно низкой цены, к которой стремятся поставщики для того, чтобы выиграть тендер, так и к неоправданному завышению цены предложения с целью получения максимума прибыли, что не позволяет выиграть в торгах. Таким образом, на аукционе складывается информационная асимметрия [11], которая выражается в разной степени информированности заказчиков и поставщиков о состоянии рынка и намерениях друг друга.

Однако каждый рынок стремится к устойчивому состоянию, в котором наблюдается различная степень информационной симметрии [12]. Таким образом, возникает проблема вероятностной оценки результатов аукциона с целью определения оптимальной ценовой политики поставщиков, а также принятия решений по поводу участия или отказа от участия в аукционе. Одним из способов решения данной проблемы является применение методов математического моделирования поведения участников аукциона [1].

## Материалы и методы

При определении цены в борьбе с конкурентами за право реализации того или иного проекта двумя основными источниками неопределенности являются количество конкурентов и цены, предлагаемые каждым конкурентом. При высокой цене предложения можно заработать на реализации выигранного тендера много денег, но высока вероятность проиграть другим конкурентам по цене. При низкой же цене предложения высока вероятность выиграть аукцион, но это принесет минимум прибыли и, возможно, приведет к определенным рискам (например, при удорожании проекта). Оптимальная цена предложения находится где-то посередине. Удобным инструментом для определения цены предложения, максимально увеличивающей ожидаемую прибыль, является имитационное моделирование по методу Монте-Карло [12], использующему численный метод решения математических задач при помощи моделирования случайных величин.

В качестве примера рассмотрим, как с помощью моделирования определить оптимальную цену предложения для проекта при участии в аукционе на строительство. Предположим, что строительная компания участвует в тендере на проект строительства объекта, который будет стоить для компании 25 млн руб. (т. е. компания сможет построить его за такие деньги). Разумеется, в документах на торгах необходимо указать цену предложения выше, чтобы получить прибыль, учесть некоторые риски и создать «запас» для снижения цены при проведении аукциона. Кроме того, подготовка самого коммерческого предложения на получение права для участия в торгах возможно тоже будет стоить для компании некоторой суммы денег. Пусть это будет стоить 10 тыс. руб.

Однако у компании имеется несколько (например, шесть) потенциальных конкурентов, и руководство компании считает, что с вероятностью 50% каждый конкурент примет участие в аукционе на проект. Таким образом, необходимо смоделировать ситуацию, когда в тендере могут принять участие как все 6 конкурентов, так и ни одного, т. е. смоделировать намерения конкурентов.

Предположим, что если конкурент подает предложение, то цена его предложения следует нормальному закону распределения с математическим ожиданием в 50 млн руб. и стандартным отклонением 10 млн руб. Условимся также, что свое предложение компания подготавливает с ценой, кратной 1 млн руб. Шаг изменения цены можно при необходимости уменьшить или увеличить. Таким образом, необходимо подсчитать, какова должна быть цена предложения компании для получения мак-

симальной ожидаемой прибыли. Разумеется, в торгах выигрывает самая низкая цена предложения.

Для решения данной задачи предлагается использовать следующую методику моделирования ценовой политики компании для участия в торгах:

1. В качестве входных данных необходимо определить себестоимость проекта, количество возможных конкурентов и их намерения — вероятности их участия в торгах. Для этого, к примеру, можно провести анализ по аналогичным аукционам, которые проводились за предыдущие периоды времени. Самым сложным вопросом является оценка намерений конкурентов, поэтому данный вопрос в работе будет исследован подробно.
2. Для каждого потенциального конкурента, который действительно подает предложение, необходимо смоделировать цену предложения с помощью нормальной случайной величины. Если потенциальный конкурент не подает свое предложение на аукцион, то для него можно назначить значительно большую цену предложения (в нашем случае, например, 100 млн руб.), которая обеспечит ему поражение.
3. Необходимо определить, является ли цена предложения вашей компании самой низкой. Если компания предлагает самую низкую цену, то она получит прибыль, равную предложению минус стоимость проекта минус 10 тыс. руб. (стоимость подготовки и подачи коммерческого предложения). Если цена предложения компании не самая низкая, то компания потеряет 10 тыс. руб. — стоимость подготовки предложения.
4. Для моделирования каждой возможной цены предложения (например, 30 млн руб., 31 млн, ..., 60 млн) необходимо многократно моделировать (сымитировать) ситуацию, которая может сложиться при проведении аукциона для различной цены предложения, и затем выбрать цену предложения с наибольшей ожидаемой прибылью. Таким образом, на основании построенной модели многократно проигрываются различные случайные сценарии прохождения аукциона, на основании которых оцениваются характеристики полученной выборки.

Программное решение поставленной задачи было выполнено с применением инструментария работы с данными пакета Microsoft Excel.

Количество благоприятных исходов при  $n$  независимых испытаниях, каждое из которых имеет вероятность благоприятного исхода, равную  $p$ , моделируется на основе биномиального закона распределения в ячейке E3 (рис. 1). Это позволяет смоделировать количество конкурентов, участвующих в торгах, при этом задается их максимальное количество ( $b$ ), вероятность участия каждого конкурента в торгах ( $0,5$ ) и значение критерия  $\alpha$  (уровень доверия — вероятность допустить ошибку 1-го рода при проверке статистической гипотезы), которое задается случайным числом с равномерным распределением вероятностей.

Предложение для каждого конкурента (конкурентам, не подающим предложение, назначается цена предложения 100 млн руб.) случайно генерируется на основе нормального закона распределения с заданным математическим ожиданием и среднеквадратическим отклонением, затем в ячейке D17 определяется, является ли предложение компании предложением с наименьшей ценой, выигрывающим проект. В свою очередь, в ячейке D19 вычисляется прибыль (или убытки) в случае выигрыша (проигрыша). Именно этот результат и является исходным параметром для дальнейшего моделирования.

Далее с помощью инструмента Excel «таблицы данных с двумя входами» можно смоделировать по одной тысяче предложений для цен от 25 до 60 млн руб. с шагом в 1 млн руб. (рис. 2). В качестве переменной в таблице данных, подставляемой по столбцам, используется цена предложения компании, записанная в ячейке E4. Дело в том, что для метода Монте-Карло ошибка вычислений [5], как правило,

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
2				Стоимость проекта	4000000					
3				Стоимость предложения	10000	Случайное число				
4				Количество предложений	10	0,868448264				
5				Предложение компании	3000000					
6										
7										
8				Номер конкурента	Участие	Предложение	Случайное число			
9				1 да		36573131,35	0,089686695			
10				2 да		46759476,06	0,372949184			
11				3 да		32732153,01	0,042103169			
12				4 да		49410705,04	0,476504132			
13				5 да		62115575,6	0,887159106			
14				6 да		40888888,74	0,181118412			
15				7 да		60282120,72	0,848074959			
16				8 да		53879965,31	0,6509907			
17				9 да		43509181,22	0,258142727			
18				10 да		61219964,36	0,869068022			
19										
20				Победа?						
21				да					257000	
22				Прибыль						
23					-10010000					

Рис. 1. Исходные данные и модель цены предложения  
 Fig. 1. Basic data and model of the offer price

C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	проигрыш	1	1	1	1	1	1	1	1
	среднее	-14245000	-12918000	-11762000	-10726000	-9250000	-7990000	-7102000	
		25000000	26000000	27000000	28000000	29000000	30000000	31000000	
		-15010000	-14010000	-13010000	-12010000	-11010000	-10010000	-9010000	
		-15010000	-14010000	-13010000	-12010000	-11010000	-10010000	-9010000	
		-15010000	-14010000	-13010000	-12010000	-11010000	-10010000	-9010000	
		-15010000	-14010000	-13010000	-12010000	-11010000	-10010000	-9010000	
		-15010000	-14010000	-13010000	-12010000	-11010000	-10010000	-9010000	
		-10000	-14010000	-13010000	-12010000	-11010000	-10010000	-9010000	
		-15010000	-14010000	-13010000	-12010000	-11010000	-10010000	-9010000	
		-10000	-14010000	-13010000	-12010000	-10000	-10010000	-9010000	
		-15010000	-14010000	-13010000	-12010000	-11010000	-10010000	-9010000	
		-15010000	-14010000	-13010000	-12010000	-11010000	-10010000	-9010000	
		-15010000	-14010000	-13010000	-12010000	-11010000	-10010000	-9010000	
		-15010000	-14010000	-13010000	-12010000	-11010000	-10010000	-9010000	
		-15010000	-14010000	-13010000	-12010000	-11010000	-10010000	-9010000	
		-15010000	-14010000	-13010000	-12010000	-11010000	-10010000	-9010000	
		-15010000	-14010000	-13010000	-12010000	-11010000	-10010000	-9010000	
		-15010000	-14010000	-13010000	-12010000	-11010000	-10010000	-9010000	
		-15010000	-14010000	-13010000	-12010000	-11010000	-10010000	-9010000	
		-15010000	-14010000	-13010000	-12010000	-11010000	-10010000	-9010000	
		-15010000	-14010000	-13010000	-12010000	-11010000	-10010000	-9010000	
		-15010000	-14010000	-13010000	-12010000	-11010000	-10010000	-9010000	

Рис. 2. Моделирование тысячи реализаций предложений (часть данных скрыта)  
 Fig. 2. Modeling thousands of offers implementation (a part of data is hidden)

пропорциональна  $\sqrt{\frac{1}{N}}$ , где  $N$  — количество испытаний, поэтому при решении данной задачи с достаточной долей точности необходимо большое количество испытаний, которое с легкостью может быть реализовано на вычислительных мощностях современных персональных компьютеров. Таким образом, и прибыль для каждого предложения будет смоделирована как минимум тысячу раз, после чего подсчитывается среднее значение прибыли, полученной за тысячу испытаний [9].

### Результаты

В итоге необходимо вычислить среднюю прибыль для каждого ценового предложения. Распределение прибыли для тысячи испытаний имеет максимум для цены предложения 38–42 млн руб. (рис. 3). При этом средняя ожидаемая прибыль будет составлять свыше 9 млн руб. Это не означает, что, установив эту цену, компания получит именно такую прибыль, однако это наиболее вероятный уровень прибыли.

Нестабильный осциллирующий характер полученной экспериментальной кривой объясняется тем, что при высоких значениях цены предложения увеличивается вероятность появления большого количества конкурентов, и в результате ожидаемая прибыль носит более вероятностный характер.

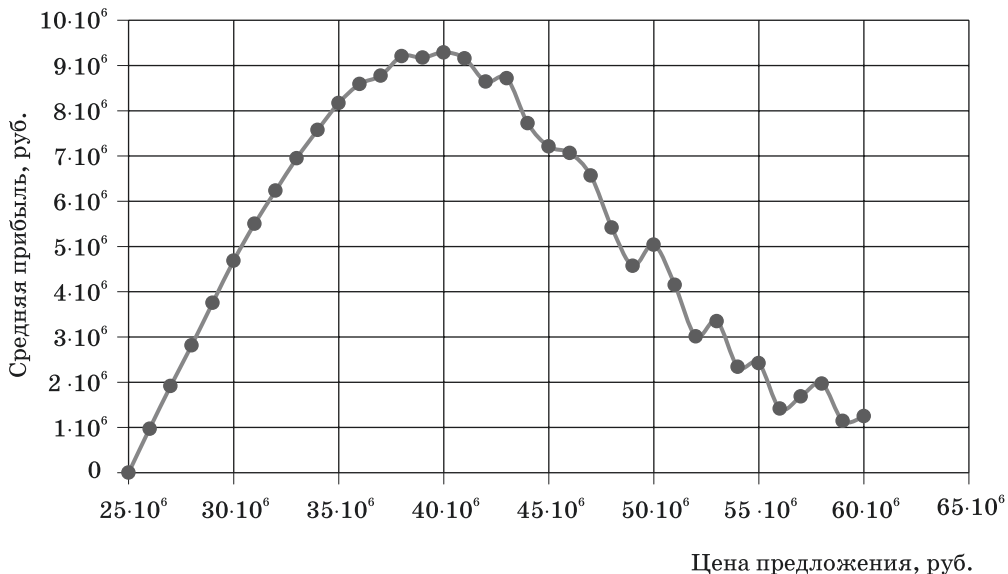


Рис. 3. Зависимость средней прибыли от цены предложения на аукционе  
 Fig. 3. Dependence of average profit on the offer price at an auction

## Обсуждение

Кривая на рис. 3 позволяет легко оценить статистические характеристики [7] поведения участников аукциона [6; 8]. Однако необходимо рассмотреть ситуацию, когда количество участников будет изменяться. Если рассматривать зависимость оптимальной цены предложения от количества конкурентов (рис. 4), то она будет иметь степенной характер, т. е. при небольшом количестве конкурентов появляется вероятность получить большую прибыль, но при этом оптимальная цена предложения будет изменяться в широком диапазоне и вероятность риска увеличивается. При увеличении же количества конкурентов оптимальная цена предложения снижается, равно как и снижается вероятность риска при неправильной ее оценке.

Немаловажным фактором при оценке рисков является вероятность удорожания или удешевления проекта, однако оптимальная цена предложения зависит от стоимости проекта линейно (рис. 5).

Еще одним ключевым фактором при оценке оптимальной цены предложения является вероятность участия конкурентов в торгах. На рис. 6 приведены графики зависимости цены предложения от прибыли при разных уровнях вероятности (намерений) участия конкурентов в аукционе. При увеличении такой вероятности ожидаемая прибыль значительно снижается по причине того, что компания будет вынуждена снизить оптимальную цену предложения для увеличения вероятности победы в торгах. По пиковому значению прибыли можно сделать вывод о том, получит ли вообще компания доход при удорожании проекта (рис. 7).

Кроме того, данная модель позволяет задать вероятность участия в торгах каждого отдельно взятого конкурента, в таком случае данные кривые приобретут еще более асимметричный характер.

Как видно из рис. 7, если произойдет удорожание проекта, то, разумеется, компания будет вынуждена поднять цену предложения. При этом снижается при-

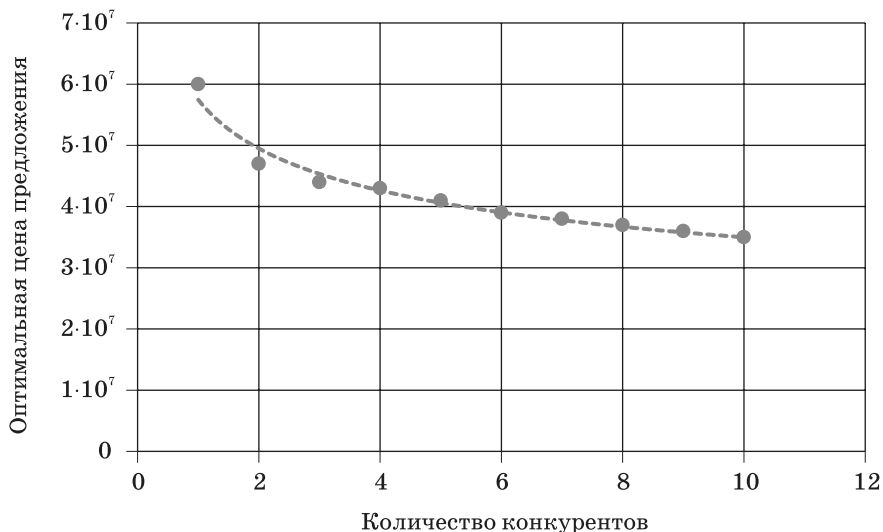


Рис. 4. Зависимость оптимальной цены предложения от количества конкурентов

Fig. 4. Dependence of the best price of the offer on the number of competitors

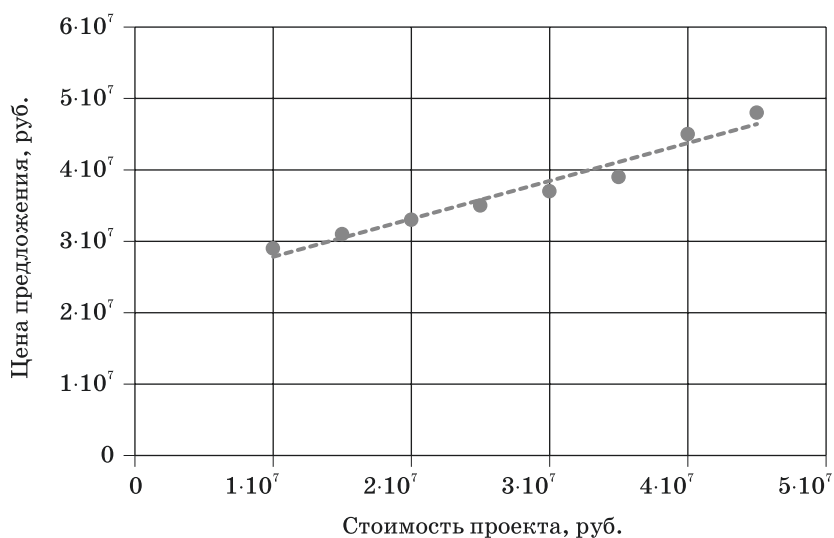


Рис. 5. Зависимость оптимальной цены предложения от стоимости проекта

Fig. 5. Dependence of the best price of the offer on project cost

быль и увеличивается значение оптимальной цены предложения по проекту. При определенных условиях может создаваться такая ситуация, что компания вообще не получит прибыли. По данному пороговому значению стоимости проекта можно принять решение об отказе компании от участия в тендере.

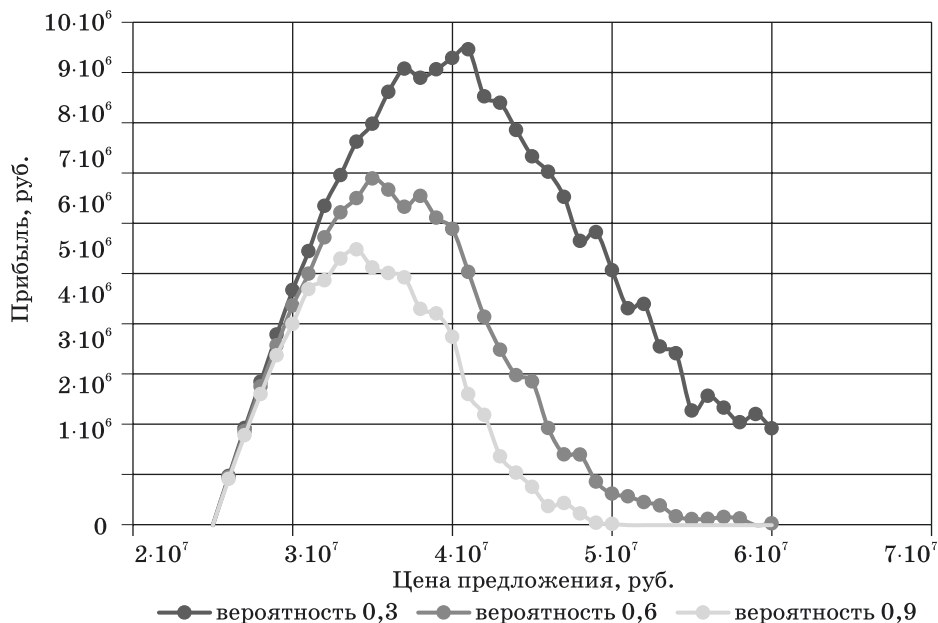


Рис. 6. Зависимость цены предложения от прибыли при разных уровнях вероятности участия 10 конкурентов в аукционе

Fig. 6. Dependence of the offer price on profit at different levels of probability of participation of 10 competitors in an auction

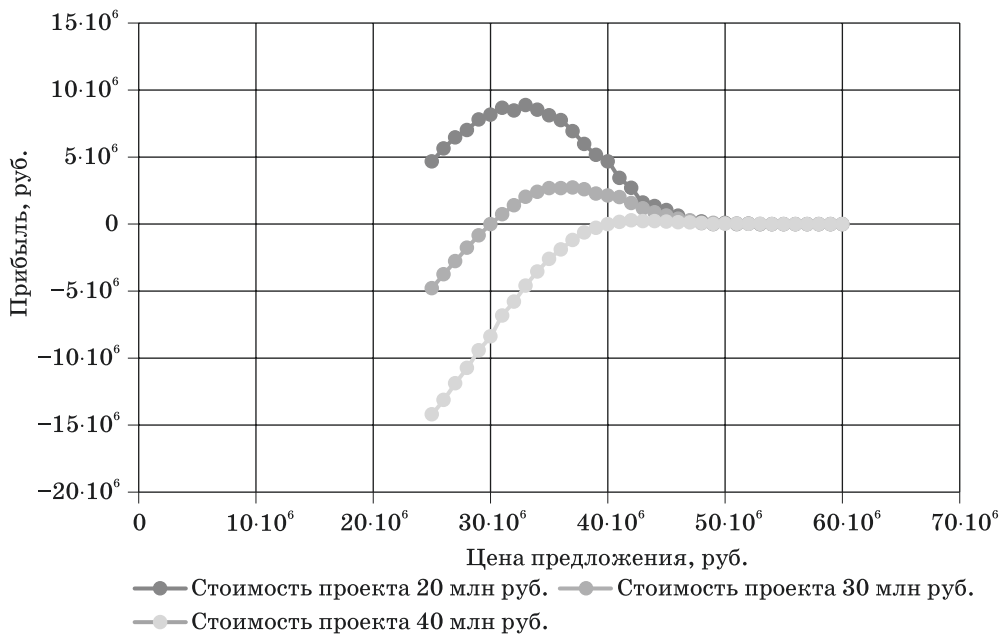


Рис. 7. Зависимость прибыли от цены предложения при удорожании проекта

Fig. 7. Dependence of profit on the offer price at rise in price of the project

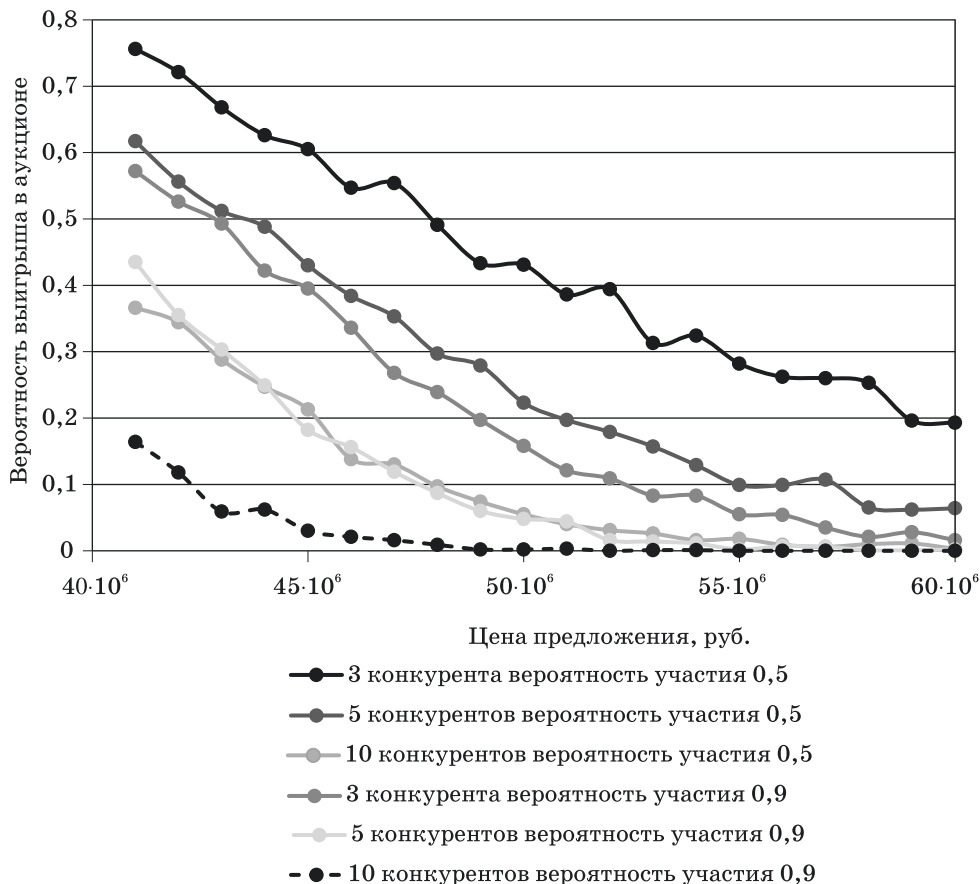


Рис. 8. Зависимость вероятности получения прибыли от цены предложения при различном количестве конкурентов и вероятностях их участия в аукционе  
 Fig. 8. Dependence of probability of receiving profit on the offer price at various number of competitors and probabilities of their participation in an auction

### Выводы

В итоге полученная модель позволяет выстроить вероятностные высказывания относительно цены предложения и вероятности получения прибыли (рис. 8). Полученное семейство кривых позволяет выбрать стратегию поведения участника аукциона в зависимости от сложившихся обстоятельств. Часть кривых на рис. 8 под номерами 1–3 характеризуется разным количеством конкурентов при вероятности их участия на уровне 0,5, кривые 4–6 отражают вероятности участия при таком же количестве конкурентов, но уже при вероятности их участия 0,9. Пороговым значением прибыльности является цена, равная себестоимости проекта. Снижение вероятностей при увеличении цены предложения предсказуемо, однако вкпе с вышеуказанной методикой позволяет оценить тот ценовой порог, при котором можно наиболее эффективно использовать сложившиеся условия. При необходимости можно провести более детальный технический анализ [4] полученной по методу Монте-Карло выборки исходов сценариев проведения аукциона и прогнозирование возможной прибыли [3; 5].



Таким образом, на основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что построенная имитационная модель, включающая основные факторы, влияющие на оптимальную цену предложения, позволяет адекватно оценить возможности участия поставщиков товаров, работ и услуг для государственных или муниципальных нужд в электронных торгах и принимать эффективные управленческие решения по участию в закупках. Построенная модель отличается простотой и эффективностью исполнения, не требует специального программного обеспечения, при этом позволяющая анализировать внутренние возможности и внешние условия участия организации в электронном аукционе с дальнейшим прогнозированием рисков и ожидаемой прибыли.

## Литература

1. Грибанова Е. Б., Каштанова О. В., Мицель А. А. Система имитационного моделирования торгов, проходящих в форме аукциона // Доклады ТУСУРа. 2007. № 1. С. 63–70.
2. Захаров А. В., Харламов А. В. К вопросу о применении имитационного моделирования методом Монте-Карло в задачах оценки фундаментальной стоимости объекта оценки // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2010. № 5. С. 28–45.
3. Кисляков А. Н. Влияние фильтрации Фурье на точность прогноза социально-экономических показателей // Ученые записки. 2017. № 2. С. 78–82.
4. Кисляков А. Н. Использование фрактальной размерности в техническом анализе рынка криптовалют // Ученые записки. 2018. № 1. С. 101–105.
5. Кисляков А. Н. Оценка эффективности рекламной кампании в социальных сетях с использованием методов имитационного моделирования // Экономика и управление: проблемы, решения. 2019. Т. 5. № 3. С. 20–26.
6. Кисляков А. Н. Метод виртуального увеличения выборки при прогнозировании редких продаж в условиях информационной асимметрии // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. № 1–2. С. 47–54.
7. Кисляков А. Н., Савельев И. И. Исследование математических методов анализа и оценки качества государственных и муниципальных услуг, предоставляемых в электронном виде // Экономика и управление: проблемы, решения. 2018. Т. 3. № 10. С. 48–52.
8. Кисляков А. Н. Фрактальный анализ в задачах прогнозирования социально-экономических процессов // Новая экономика и региональная наука. 2018. № 1. С. 36–39.
9. Мамий Е. А., Яхимович Е. С. Современные подходы к оценке рисков инвестиционных проектов // Экономика и бизнес: теория и практика. 2018. № 5. Т. 1. С. 155–160.
10. Наливкин Д. В. Использование последовательных методов Монте-Карло для оценивания рисков на финансовых рынках // Управление большими системами. 2008. № 21. С. 71–83.
11. Рау В. Г., Кисляков А. Н., Тихонюк Н. Е., Рау Т. Ф. Принцип нарушения асимметрии в моделях развития экономических систем. Опыт и проблемы // Региональная экономика: опыт и проблемы. Материалы XI международной научно-практической конференции (Гутманские чтения) 15 мая 2018 года / под общ. ред. А. И. Новикова, А. Е. Илларионова. Владимир : Владимирский филиал РАНХиГС, 2018. С. 201–211.
12. Тихонюк Н. Е., Кисляков А. Н. Экономические модели работы с асимметрией информации: эволюция подходов // Региональная экономика: опыт и проблемы. Материалы XI международной научно-практической конференции (Гутманские чтения) 15 мая 2018 года / под общ. ред. А. И. Новикова и А. Е. Илларионова. Владимир : Владимирский филиал РАНХиГС, 2018. С. 236–244.

### Об авторе:

**Кисляков Алексей Николаевич**, доцент кафедры информационных технологий Владимирского филиала РАНХиГС (Владимир, Российская Федерация), кандидат технических наук; ankisyakov@mail.ru

## References

1. Gribanova E. B., Kashtanova O. V., Mitsel A. A. The system of imitating modeling of the tender which is taking place in an auction form // Proceedings of TUSUR University [Doklady TUSURa]. 2007. No. 1. P. 63–70. (In rus)

2. Zakharov, A. V., Kharlamov, A. V. On a question of application of imitating modeling by Monte Carlo method in problems of assessment of fundamental project cost of assessment // Property relations in the Russian Federation [Imushchestvennyye otnosheniya v Rossiiskoi Federatsii]. 2010. No. 5. P. 28–45. (In rus)
3. Kislyakov A. N. Impact of Fourier filtration on the accuracy of the forecast of socio-economic indexes // Scientific notes [Uchenye zapiski]. 2017. No. 2. P. 78–82. (In rus)
4. Kislyakov A. N. Use of fractal dimension in the technical analysis of the cryptocurrency market // Scientific notes [Uchenye zapiski]. 2018. No. 1. P. 101–105. (In rus)
5. Kislyakov A. N. Assessment of efficiency of advertising campaign on social networks with use of methods of imitating modeling // Economy and management: problems, decisions [Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya]. 2019. V. 5. No. 3. P. 20–26. (In rus)
6. Kislyakov A. N. Method of virtual increase in selection when forecasting rare sales in the conditions of information asymmetry // Bulletin of the Altai Academy of Economy and Law [Vestnik Altaiskoi akademii ekonomiki i prava]. 2019. No. 1–2. P. 47–54. (In rus)
7. Kislyakov A. N., Savelyev I. I. Research of mathematical methods of the analysis and assessment of quality of the public and municipal services provided in electronic form // Economy and management: problems, decisions [Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya]. 2018. V. 3. No. 10. P. 48–52. (In rus)
8. Kislyakov A. N. The fractal analysis in problems of forecasting of social and economic processes // New economy and regional science [Novaya ekonomika i regional'naya nauka]. 2018. No. 1. P. 36–39. (In rus)
9. Mamiy E. A., Yakhimovich E. S. Modern approaches to risk assessment of investment projects // Economy and business: theory and practice [Ekonomika i biznes: teoriya i praktika]. 2018. No. 5. V. 1. P. 155–160. (In rus)
10. Nalivkin D. V. Use of consecutive methods of Monte Carlo for estimation of risks in the financial markets // Management of big systems [Upravlenie bol'shimi sistemami]. 2008. No. 21. P. 71–83. (In rus)
11. Rau V. G., Kislyakov A. N., Tikhonyuk N. E., Rau T. F. Principle of violation of asymmetry in models of development of economic systems experience and problems // Regional economy: experience and problems. Materials of the XIth international scientific and practical conference (Gutmansky readings) on May 15, 2018 / under a general edition of A. I. Novikov and A. E. Illarionov. Vladimir: RANEPА Vladimir branch, 2018. P. 201–211. (In rus)
12. Tikhonyuk N. E., Kislyakov A. N. Economic models of work with asymmetry of information: evolution of approaches // Regional economy: experience and problems. Materials of the XIth international scientific and practical conference (Gutmansky readings) on May 15, 2018 / under a general edition of A. I. Novikov and A. E. Illarionov. Vladimir: RANEPА Vladimir branch, 2018. P. 236–244. (In rus)

**About the author:**

**Alexey N. Kislyakov**, Associate Professor of the Chair of Information Technology of Vladimir branch of RANEPА (Vladimir, Russian Federation), PhD in Technical Science; ankislyakov@mail.ru