

О. С. МЕЛЬНИКОВ, кандидат економічних наук (PhD), доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри системного аналізу та інформаційно-аналітичних технологій; м. Харків, Україна, e-mail: Oleg.Melnikov@kpi.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2409-4983>

ОПТИМІЗАЦІЯ ТРИВАЛОСТІ АУКЦІОНІВ ПРИ НАЯВНОСТІ ЧАСОВИХ ВИТРАТ

У статті розглядається вплив тривалості конкурсних торгів на очікуваний дохід їх організатора. Подовження тривалості торгів двояко впливає на їх результати. З одного боку, це дозволяє залучити до участі в торгах більшу кількість учасників, і конкуренція між ними підвищує шанси аукціоніста на отримання кращої ціни. З іншого боку, затягування торгів затримує отримання грошей (для аукціонів) або необхідних товарів чи послуг (для тендерів), а час має цінність сам по собі. Вплив цих двох факторів, які діють у протилежних напрямках, наводить на думку про існування оптимальної тривалості процесу торгів. В роботі розроблено економіко-математичну модель проведення торгів, яка формалізує ці міркування та надає можливість визначення їх оптимальної тривалості. Прибуття учасників для участі в торгах розглядається як Пуассонівський процес. Кожний учасник характеризується власною оцінкою вартості виставленого на торги об'єкту. Ці оцінки вважаються незалежними випадковими величинами із спільним параметричним розподілом. В цих припущеннях теорема Майерсона про еквівалентність доходу надає можливість прогнозувати очікувані результати аукціоніста в залежності від кількості учасників торгів незалежно від організаційної форми їх проведення. На цій основі можна порівняти переваги і витрати, пов'язані із збільшенням часу для прийому заявок на участь в торгах, що дає можливість визначити їх оптимальну тривалість. Отримані умови оптимальності мають змістовну і інтуїтивно зрозумілу економічну інтерпретацію. В практичних умовах для оцінки оптимальної тривалості конкурентних торгів запропоновано використання методів Монте-Карло на основі емпіричного розподілу цін попиту чи пропозиції. Практична реалізація запропонованого алгоритму може покращити економічні показники діяльності аукціоніста, що є особливо актуальним для державного сектору економіки.

Ключові слова: аукціон, тривалість, оптимізація, прогнозування, торги, порядкова статистика, Пуассонівський процес

Вступ. Проблема ефективного використання державних коштів і матеріальних активів завжди привертала значну увагу економістів, політиків, журналістів, громадськості. Одним із шляхів забезпечення ефективності державного сектору економіки є використання конкурсних механізмів господарської діяльності. Прикладами таких механізмів є аукціони та тендери, також відомі під загальною назвою «конкурсні торги».

Аукціони визнані як один із найефективніших способів продажу продукції в умовах недосконалої конкуренції. Їх популярність значно зросла після того, як з появою електронних торгових майданчиків різко знизилася витрати на їх організацію та проведення. У державному секторі вони використовуються для приватизації, оренди державного майна, продажу радіочастот для телекомунікаційних мереж тощо.

Ще більшого поширення набуло використання тендерів (зворотних аукціонів) для закупівель. У більшості країн світу це основний інструмент для забезпечення постачань товарів, надання послуг та виконання робіт у державному секторі. В Україні правила проведення регламентуються Законом «Про публічні закупівлі» [1], який передбачає проведення електронних тендерів для всіх, крім найбільш тривіальних державних закупівель (за деякими винятками).

Найчастіше переможця конкурсних торгів обирають за ціновим критерієм.

Існує велика різноманітність процедур проведення торгів. Поширеними є англійські, японські та голландські аукціони, аукціони із закритими пропозиціями тощо [2]. Вибір конкретної процедури та певних організаційних параметрів (наприклад, початкової ціни) опосередковано впливає на стратегічну поведінку учасників торгів, що, у свою чергу, змінює очікувані результати аукціону. Задача оптимізації торгів полягає

у виборі таких процедур і налаштувань, використання яких наводило б до найкращого результату для організатора торгів або для суспільства в цілому.

1. Аналіз літератури і постановка задачі. Серед важелів впливу на поведінку учасників торгів слід відзначити:

- встановлення стартової ціни аукціону;
- схему винагороди (так, на більшості аукціонів ціна контракту дорівнює ставці переможця, але на аукціоні Вікрі вона встановлюється на рівні другої найкращої пропозиції);
- плату за участь у торгах (у широкому розумінні до неї також повинні входити витрати на підготовку тендерної документації, технічне забезпечення тощо);
- величину кроку зміни ціни;
- терміни проведення торгів тощо.

Серед них перші два були всебічно вивчені в літературі з теорії аукціонів [3–5]. Впливу інших інструментів на результати торгів приділялося значно менше уваги. Стосовно строків проведення аукціону, в роботі [6] розглядалось питання, як кінцевий термін реалізації товару може вплинути на вибір продавця між його продажем за фіксованою ціною та проведенням порівняно дорогого аукціону. В роботі [7] досліджувалась проблема оптимальної тривалості аукціону в інституційному контексті фондових ринків.

Метою даного дослідження є вдосконалення моделі визначення оптимальної тривалості торгів, запропонованої автором у [8].

2. Модель проведення торгів при наявності часових витрат. Збільшення тривалості торгів має подвійний вплив на їх очікувані результати з точки зору організатора.



Вигода від використання конкурсних процедур створюється за рахунок залучення широкого кола покупців і продавців. Конкуренція між ними дає аукціоністів можливість отримати кращу ціну. Подовження тривалості аукціону має призвести до збільшення кількості учасників, що, у свою чергу, покращить очікуваний результат.

З іншого боку, таке затягування затримує отримання грошей від реалізації продукції або придбання необхідних товарів, а час завжди має цінність сам по собі. Це також збільшує ризики, пов'язані з можливою зміною ринкових умов, і ускладнює планування.

Компромід між цими суперечливими міркуваннями можна формалізувати за допомогою наступної моделі. Для визначеності, розглянемо випадок аукціону, хоча модель може бути застосована і до тендерів із мінімальними змінами.

2.1. Загальна схема проведення торгів. Припустимо, що продавець проводить аукціон для продажу одиниці товару за найвищою ціною. Заявки від потенційних покупців, індексованих через i , приймаються протягом періоду часу $[0, t]$. При цьому аукціоніст несе витрати, пропорційні тривалості торгів: $C(t) = ct$.

Кожен учасник торгів має певну резервовану ціну v_i (тобто максимальну ціну, яку він готовий сплатити за товар). Вона невідома ані покупцеві, ані іншим учасникам торгів. Проте, будемо вважати, що резервовані ціни окремих учасників є незалежними однаково розподіленими на інтервалі $[0, V]$ випадковими величинами. Інтегральна функція цього розподілу $F(x) = P\{v_i \leq x\}$ є відомою всім учасникам.

Кожний учасник надає аукціоністу свою цінову пропозицію b_i , яка, вочевидь, має залежати від v_i . Зокрема, із міркувань особистої раціональності випливає, що $b_i \leq v_i$. Правила аукціону визначають, як обирається переможець і яку суму він сплатує: $(b_1, \dots, b_n) \rightarrow (i^*, p^*)$. Моделювання цього перетворення буде описано у наступному розділі.

Нарешті, припустимо, що надходження пропозицій до аукціоніста підпорядковується процесу Пуассона з інтенсивністю λ . Тоді ймовірність отримати рівно n заявок протягом часу t буде складати:

$$\pi(n, t) = \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!}. \quad (1)$$

2.2. Моделювання поведінки учасників торгів. Співвідношення між резервованими цінами покупців та їхніми пропозиціями залежить від схеми аукціону та є дуже складним питанням, яке було предметом інтенсивних досліджень в математичній економіці та теорії ігор протягом останніх 60 років. Наведемо стислий огляд теоретичних результатів, важливих для подальшого викладу матеріалу.

Два формати конкурентних торгів, які найчастіше використовуються в державному секторі, це аукціони першої ціни із закритими пропозиціями (ПЦЗП) та англійські аукціони. На аукціонах ПЦЗП учасники подають свої заявки аукціоністу в закритому вигляді (історично, у запечатаних конвертах). У заздалегідь

визначений час конверти розкриваються і переможцем оголошується учасник, що запропонував найкращу ціну, яку він в результаті і сплатує.

На англійських аукціонах аукціоніст встановлює стартову ціну. Учасники торгів можуть запропонувати кращу ціну (зазвичай із визначеним мінімальним підвищенням). Торги припиняються, коли залишиться лише один учасник або коли закінчиться відведений на торги час. Переможець сплатує запропоновану ним ціну. Це основний формат публічних закупівель (реверсивних аукціонів) в Україні, які проводяться в електронній формі за правилами, визначеними в [1].

Для виграшу в англійському аукціоні переможець має перебити ціну передостаннього учасника. Учасникам доцільно продовжувати участь в торгах, доки їх резервована ціна перевищує поточну. Отже, якщо не враховувати дискретність зміни цін, виграшна ставка повинна дорівнювати другій зверху резервованій ціні учасників аукціону.

У впливовій статті [9] В. Вікрі зауважив, що той самий результат можна отримати набагато простіше на аукціоні другої ціни із закритими пропозиціями (ДЦЗП), де переможець платить ціну, що дорівнює другій найбільшій з поданих пропозицій. Він також довів, що за такої схеми торгів домінуючою стратегією для всіх учасників є «відверта» стратегія, тобто подання пропозиції на рівні своєї резервованої ціни. Це також звільняє учасників аукціону від необхідності фізично бути присутнім на заході.

На аукціонах ПЦЗП відверта стратегія не може бути оптимальною, оскільки вона призводить до нульового виграшу для всіх учасників торгів. Таким чином, ставки учасників будуть нижчими за їхні резервовані ціни. Найважливішим результатом теорії аукціонів є теорема Майерсона про еквівалентність доходу [3]. Вона стверджує, що (за певних технічних припущень) очікувана ціна, яку покупець заплатитиме у всіх наведених вище схемах аукціону, буде однаковою. Більш того, аукціоніст не може розраховувати на отримання кращих результатів, використовуючи будь-яку іншу можливу процедуру проведення торгів. Ретельний розгляд цих результатів можна знайти в [10].

Теорема про еквівалентність доходу дозволяє абстрагуватися від специфіки аукціонних процедур, які фактично використовуються в тих чи інших умовах. Без втрати загальності можна припустити, що аукціон проводиться за схемою ДЦЗП, де учасникам торгів оптимально застосовувати відверту стратегію. Отже, ціна продажу дорівнюватиме другій найвищій резервованій ціні учасників торгів.

2.3. Прогнозування продажною ціни. У теорії ймовірностей k -те найменше значення $x_{(k)}$ випадкового вектору $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ відоме як k -та порядкова статистика. Якщо компоненти вектору \mathbf{x} є незалежними та однаково розподіленими, то щільність розподілу k -ї порядкової статистики визначається як

$$f_{(k)}(x) = \frac{n!}{(k-1)!(n-k)!} f(x) \times \times [F(x)]^{k-1} [1-F(x)]^{n-k}, \quad (2)$$

де $F(x)$ та $f(x)$ – інтегральна функція та щільність розподілу компонент вектору x , відповідно.

Міркування, розглянуті в попередньому розділі, означають, що ціна продажу $p \in (n-1)$ -ю порядковою статистикою $v_{(n-1)}$ вектору резервованих цін учасників торгів $\mathbf{v} = (v_1, v_2, \dots, v_n)$. З рівняння (2) випливає, що її щільність розподілу визначається як

$$f_p(x, n) = n(n-1)[F(x)]^{n-2}[1-F(x)]f(x), \quad (3)$$

У формулі (3) мається на увазі, що $n \geq 2$ (інакше $v_{(n-1)}$ не визначено). Якщо $n=0$, то немає жодного учасника торгів, а якщо $n=1$, то немає конкуренції. У контексті державного сектору економіки українське законодавство передбачає, що в обох цих випадках торги мають бути скасовані та перенесені. Отже, будемо вважати, що в обох цих випадках продукт не буде проданий і продавець не отримає доходу (але все одно буде нести витрати).

На рис. 1 показана щільність розподілу ціни продажу для рівномірного $U[0,1]$ (рис. 1, а) і нормального $N\left(\frac{1}{2}, \frac{1}{6}\right)$ (рис. 1, б) розподілу резервованих цін покупців. Параметри нормального розподілу обрано таким чином, щоби за правилом трьох сигм основна частина розподілу буде зосереджена на одиничному інтервалі і результати було легко порівняти із випадком рівномірного розподілу.

Для стандартного рівномірного розподілу $F(x) = x$, $f(x) = 1$ і пряма підстановка цих функцій у формулу (3) показує, що ціна реалізації p буде мати бета-розподіл з параметрами $(n-1, 2)$. Для нормального випадку розподіл продажною ціни не може бути вираженим в елементарних функціях і був розрахований чисельно.

Як видно з графіків, збільшення кількості учасників змщує щільність ціни реалізації вправо, тобто в область вищих цін.

Формула (3) дозволяє обчислити умовне очікування ціни закупівлі в залежності від кількості учасників $n \geq 2$ як

$$\bar{p}_n = M[p | n] = \int_0^v x f_p(x, n) dx. \quad (4)$$

Наприклад, для стандартного рівномірного розподілу резервованих цін

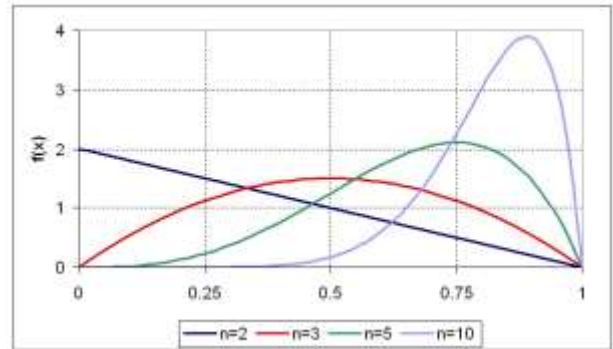
$$\bar{p}_n = \frac{n-1}{n+1} \quad (5)$$

за властивостями бета-розподілу. На рис. 2 показано очікувану ціну продажу як функцію кількості учасників торгів і розподілу їхніх резервованих цін.

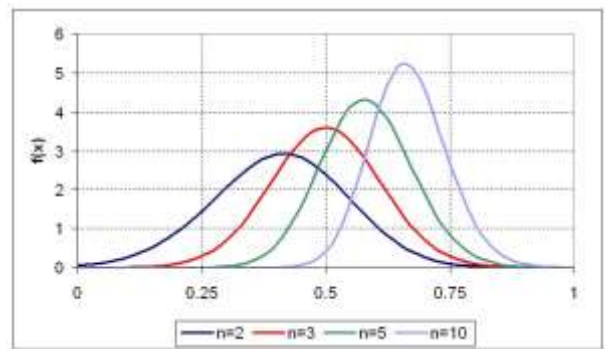
Проте, кількість учасників торгів є випадковою величиною з розподілом, визначеним формулою (1), який в свою чергу залежить від тривалості аукціону. Поєднуючи формули (1) і (4), за законом повної ймовірності отримуємо такий вираз для очікуваної ціни продажу як функції від тривалості торгів:

$$\begin{aligned} \bar{p}(t) &= \sum_{n=2}^{\infty} \pi(n, t) \bar{p}_n \\ &= \sum_{n=2}^{\infty} \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!} \int_0^v x f_p(x, n) dx. \end{aligned} \quad (6)$$

Зауважте, що підсумовування у формулі (6) починається з $n=2$, оскільки для $n < 2$ продукт не буде продано і дохід продавця дорівнюватиме нулю, як обговорювалося вище.



а



б

Рис. 1. Розподіл продажною ціни в залежності від кількості учасників торгів для різних розподілів резервованих цін: а – рівномірний $U[0,1]$, б – нормальний $N(1/2, 1/6)$

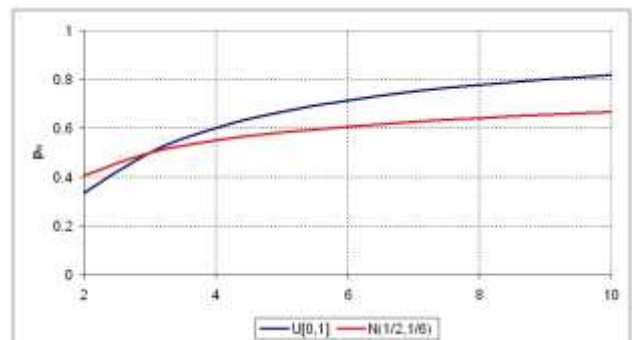


Рис. 2. Очікувана ціна реалізації в залежності від кількості учасників торгів

3. Оптимізація тривалості торгів. У термінах визначених вище змінних задачу оптимізації тривалості аукціону можна сформулювати так:

$$V(t) = \bar{p}(t) - ct \rightarrow \max_t. \quad (7)$$

Перший додатак у наведеному вище виразі є зростаючою функцією часу, обмеженою зверху значенням V . Другий додатак лінійно зростає з часом. Отже, існує єдине рішення цієї оптимізаційної задачі. На рис. 3 показано цільову функцію для стандартного рівномірного розподілу резервованих цін учасників торгів.

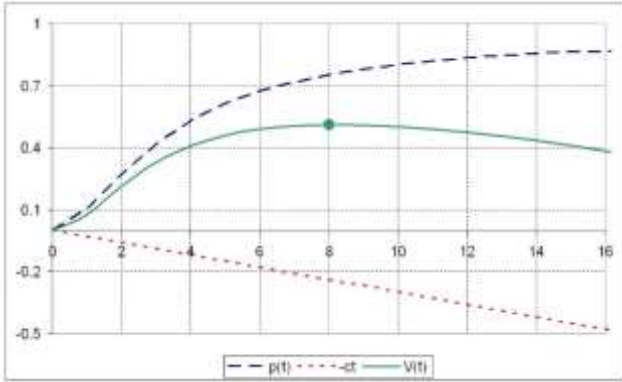


Рис. 3. Визначення оптимальної тривалості торгів

Необхідною умовою оптимальності для задачі (7) виглядає так:

$$\frac{d\bar{p}(t)}{dt} = \sum_{n=2}^{\infty} \frac{\partial \pi(n, t)}{\partial t} \bar{p}_n = c. \quad (8)$$

Формула (8) має досить стандартну економічну інтерпретацію: очікувана гранична вигода від збільшення тривалості аукціону на одиницю часу повинна дорівнювати граничній вартості цього часу.

Формулу (8) можна перетворити у наступний спосіб. З формули (1) випливає, що

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi(n, t)}{\partial t} &= \lambda \frac{n(\lambda t)^{n-1} e^{-\lambda t}}{n!} - \lambda \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!} = \\ &= \lambda(\pi(n-1, t) - \pi(n, t)). \end{aligned} \quad (9)$$

Підставивши останнє співвідношення в формулу (9), отримаємо:

$$\begin{aligned} \sum_{n=2}^{\infty} (\pi(n-1, t) - \pi(n, t)) \bar{p}_n &= \frac{c}{\lambda}; \\ \sum_{n=1}^{\infty} \pi(n, t) \bar{p}_{n+1} - \sum_{n=2}^{\infty} \pi(n-1, t) \bar{p}_n &= \frac{c}{\lambda}; \\ \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(\lambda t)^n e^{-\lambda t}}{n!} (p_{n+1} - p_n) &= \frac{c}{\lambda}, \end{aligned} \quad (10)$$

де вважається, що $p_1 = 0$. Це дозволяє отримати більш змістовну інтерпретацію. Вираз у лівій частині формули (10) – це очікуваний приріст ціни продажу від наявності додаткового учасника аукціону. Для розподілу Пуассона величина, обернена інтенсивності λ , є середнім інтервалом між подіями. Отже, вираз c/λ у правій частині формули (10) є середньою вартістю очікування додаткового учасника торгів. Таким чином, оптимальна тривалість аукціону є такою, що очікуваний виграш від залучення до торгів додаткового учасника торгів дорівнює вартості часу на очікування цього учасника.

Обчислення цільової функції в (7) вимагає знання розподілу резервованих цін покупців, отримати які може бути проблематично. Якщо є джерела інформації про діапазон прийнятних цін, такі як каталоги, оголошення в соціальних мережах тощо, для оцінки очікуваної ціни реалізації може бути зручніше застосувати методи Монте-Карло. Маючи список цін, можна скласти з неї випадкову вибірку з n елементів і взяти другу найвищу ціну як оцінку результату змодельованого аукціону. Повторення цієї процедури та усереднення результатів дадуть бажані оцінки.

Висновки. У роботі запропонована економіко-математична модель, яка дозволяє оцінити вплив тривалості конкурсних торгів на їх очікувані результати для аукціоніста. На цій основі розроблено методику визначення їх оптимальної тривалості, застосовну для широкого кола організаційних механізмів проведення торгів. Отримані формули мають змістовну та прозору економічну інтерпретацію. В умовах недосконалої інформації про ринкове середовище прогнозування результатів торгів і оцінка оптимальних термінів їх проведення може бути здійснена за допомогою методів Монте-Карло.

Запровадження методики сприятиме спрощенню та підвищенню ефективності конкурсних процедур, що є особливо важливим для державного сектору економіки в умовах військового часу. В комерційному секторі модель може бути актуальною, зокрема, для онлайн аукціонів з розміщення реклами, які відбуваються на постійній основі у реальному масштабі часу [12]. Адаптація моделі до цього середовища є цікавою темою для подальших досліджень.

Список використаної літератури

1. Про публічні закупівлі: Закон України від 25.12.2015 р. № 922-VIII: станом на 01.01.2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/922-19> (дата звернення: 29.11.2023).
2. Мельников О. С. Порівняльний аналіз існуючих організаційних механізмів проведення торгів. *Публічне управління: теорія та практика*. Харків: ДокНаукаДержУпр, 2012. №1 (9). С. 130–134. URL: https://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/2897/1/Melnykov_2012_Porivnialnyi%20analiz.pdf (дата звернення: 29.11.2023).
3. Myerson R. Optimal auction design. *Math. Oper. Res.* 1981, Vol. 6 (1). P. 58–73.
4. Riley J., Samuelson W. Optimal Auctions. *Amer. Econ. Review.* 1981. Vol. 71. P. 381–392.
5. Bulow J., Roberts J. The simple economics of optimal auctions. *J. Polit. Econ.* 1989. Vol. 97 (5). P. 1060–1090.
6. Zhang H. The optimal sequence of prices and auctions. *European Economic Review.* 2021, 133 (2021) 103681. URL: <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2021> (дата звернення: 29.11.2023).
7. Jusselin P., Mastrolia T., Rosenbaum M. Optimal Auction Duration: A Price Formation Viewpoint. *Operations Research.* 2021. Vol. 69 (6), 1734–45.
8. Мельников О. С. Оптимізація строків проведення конкурсних торгів. *Збірник матеріалів IV Міжнародної конференції «Стратегія інноваційного розвитку економіки: бізнес, наука, освіта»*. Харків: НТУ «ХП», 2012. С. 184–186. URL: https://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/39777/1/Melnykov_Optimizatsiia_strokov_2012.pdf (дата звернення: 29.11.2023).
9. Vickrey W. Counterspeculation, Auctions, and Competitive Sealed Tenders. *Journal of Finance.* 1961. Vol. 16. P. 8–37.
10. Klemperer P. *Auctions: Theory and Practice*. Princeton: Princeton University Press, 2004. 256 p.

11. Weisstein E. W. Order Statistic. *MathWorld – A Wolfram Web Resource*. URL: <https://mathworld.wolfram.com/OrderStatistic.html> (дата звернення: 29.11.2023).
12. Tunuguntla S., Hoban P. R. A Near-Optimal Bidding Strategy for Real-Time Display Advertising Auctions. *J. of Marketing Research*. 2021. Vol. 58 (1). P. 1–21. DOI: 10.1177/002224372096854.
6. Zhang H. The optimal sequence of prices and auctions. *European Economic Review*. 2021, 133 (2021) 103681. URL: <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2021> (accessed 29.11.2023).
7. Jusselin P., Mastrolia T., Rosenbaum, M. Optimal Auction Duration: A Price Formation Viewpoint. *Operations Research*. 2021, vol. 69 (6), pp. 1734–45.
8. Melnikov, O. S. Optymizatsiia strokiv provedennia konkursnykh torhiv [Optimization of Deadlines for Competitive Bidding Procedures]. Zbirnyk materialiv IV Mizhnarodnoyi konferencii "Strategiya innovatsiynogo rozvytku ekonomyky: biznes, nauka, osvita" [Proc. of the 4th Int. Conf. "Strategy of innovative development of the economy: business, science, education"]. Kharkiv, NTU KhPI Publ., 2012, pp. 184–186. URL: https://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/39777/1/Melnikov_Optymizatsiia_strokiv_2012.pdf (accessed 29.11.2023).
9. Vickrey W. Counterspeculation, Auctions, and Competitive Sealed Tenders. *Journal of Finance*. 1961, vol. 16, pp. 8–37.
10. Klemperer, P. *Auctions: Theory and Practice*. Princeton: Princeton University Press Publ., 2004. 256 p.
11. Weisstein, E. W. Order Statistic. *MathWorld – A Wolfram Web Resource*. URL: <https://mathworld.wolfram.com/OrderStatistic.html> (accessed 29.11.2023).
12. Tunuguntla S., Hoban P. R. A Near-Optimal Bidding Strategy for Real-Time Display Advertising Auctions. *J. of Marketing Research*. 2021, vol. 58(1), pp. 1–21. DOI: 10.1177/002224372096854.

References (transliterated)

1. Pro publichni zakupivli: Zakon Ukrainy vid 25.12.2015 №922-VIII: stanom na 01.01.023 [On Public Procurement: Law of Ukraine dated 25.12.2015 №922-VIII: as of 01.01.023]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/922-19> (accessed 29.11.2023).
2. Melnikov O. S. Porivnialnyi analiz isnuiuchykh orhanizatsiinykh mekhanizmv provedennia torhiv [Comparative Analysis of Different Organizational Mechanisms for Competitive Bidding]. *Publichne upravlinnya: teoriya ta praktyka* [Public administration: theory and practice]. Kharkiv, DocNaukDerzhUpr Publ., 2012. Vol. 1 (9), pp.130–134. URL: https://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/2897/1/Melnikov_2012_Porivnialnyi%20analiz.pdf (accessed 29.11.2023).
3. Myerson R. Optimal auction design. *Math. Oper. Res.* 1981, vol. 6 (1), pp. 58–73.
4. Riley J., Samuelson W. Optimal Auctions. *Amer. Econ. Review*. 1981, vol. 71, pp. 381–392.
5. Bulow J., Roberts J. The simple economics of optimal auctions. *J. Polit. Econ.* 1989, Vol. 97 (5), pp. 1060–1090.

Надійшло (received) 01.12.2023

UDC 330.46

O. S. MELNIKOV, Candidate of Economic Sciences (PhD), Docent, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Associate Professor at the Department of System Analysis and Information-Analytical Technologies; Kharkiv, Ukraine; e-mail: Oleg.Melnikov@kpi.edu.ua, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2409-4983>.

OPTIMIZATION OF THE AUCTION DURATION IN THE PRESENCE OF TIME-DEPENDANT COSTS

This paper examines the influence of the duration of auctions or tenders on the expected gain of their organizer. Extending the duration of bidding affects auction results in two ways. On the one hand, it allows attracting a larger number of participants to the auction, and the competition between them increases the chances of the auctioneer to get a better price. On the other hand, delaying bids delays the receipt of money (for auctions) or required goods or services (for tenders), and time has value in itself. The influence of these two factors, which act in opposite directions, suggests the existence of an optimal duration of the bidding process. The paper develops a mathematical model of bidding, which formalizes these considerations and provides an algorithm to determine their optimal duration. The arrival of bidders willing to participate in the auction is modeled as a Poisson process. Each participant is characterized by his own assessment of the value of the object put up for auction. These estimates are assumed to be independent identically distributed random variables drawn from some parametric distribution. Under these assumptions, Myerson's revenue equivalence theorem makes it possible to predict the expected results of the auction as a function of the number of bidders, regardless of the auction rules. On this basis, it is possible to compare the benefits and costs associated with changing the duration of time for accepting applications for participation in bidding, which makes it possible to determine its optimal value. The obtained optimality conditions have a meaningful and intuitive economic interpretation. For practical applications, the use of Monte Carlo methods based on the empirical distribution of bid and ask prices is proposed. The practical implementation of the proposed algorithm can improve the economic performance of the auctioneer, which is especially relevant for the public sector of the economy.

Keywords: auction, duration, optimization, forecasting, bidding, ordinal statistics, Poisson process.

Повне ім'я автора / Author's full name

Автор 1 / Author 1: Мельников Олег Станіславович, Melnikov Oleg Stanislavovich