УДК 330.4, 519.83

© Н. В. Чепаченко, д-р экон. наук, профессор
© М. М. Луценко, д-р физ.-мат. наук, профессор
(Петербургский государственный университет
путей сообщения Императора Александра I,
Санкт-Петербург, Россия)
© А. М. Дёмин, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Петербургский государственный университет
путей сообщения Императора Александра I,
Санкт-Петербург, Россия)
E-mail: ad2271@ya.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-3-238-244

© N. V. Chepachenko, Dr. Sci. Ec., Professor
© M. M. Lutsenko, Dr. Sci. Phys.-Math., Professor
(Emperor Alexander I St. Petersburg
State Transport University, St. Petersburg, Russia)
© A. M. Demin, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
Emperor Alexander I St. Petersburg
State Transport University, St. Petersburg, Russia)
E-mail: ad2271@ya.ru

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПРИОРИТЕТНОГО ИННОВАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ АППАРАТА ТЕОРИИ ИГР

SUBSTANTIATION OF SELECTING THE PRIORITY INNOVATION SOLUTION IN CONSTRUCTION USING THE GAME THEORY APPARATUS

Представлены результаты исследования актуального направления развития прикладных аспектов применения инструментария теории игр в целях повышения качества обоснования выбора управленческих решений участниками строительной деятельности применительно к ситуации неопределенности изменения внешней среды. Рассмотрены методические и прикладные аспекты моделирования процесса обоснования выбора инновационных решений в деятельности строительных организаций с применением статистических игр в ситуации недостаточной информации для принятия управленческих решений, влияющей на эффективность экономической деятельности участников строительства и порождающей экономические риски. Рассмотрен методический пример применения теоретико-игрового моделирования при обосновании выбора приоритетных инновационных решений в сфере промышленно-гражданского и транспортного строительства с применением класса «игр с природой» в ситуации частичной неопределенности изменения внешней среды. Выявленные прикладные потенциальные возможности применения статистических игр совместно с теорией вероятности расширяют сферу теоретико-игрового моделирования в целях повышения качества обоснования выбора приоритетных инновационных решений и снижения экономических рисков в деятельности участников строительства.

Ключевые слова: строительная деятельность, инновационные решения, выбор приоритетного варианта, теоретико-игровое моделирование, экономические риски.

The article presents the results of the study of the current development direction of applied aspects of the game theory tools application in order to improve the quality of substantiation of selecting managerial decisions by participants in construction activities in relation to the situation of uncertainty in changing the external environment. The authors consider some methodological and applied aspects of modeling the process of substantiating the selection of innovative solutions in the activities of construction organizations using statistical games taking into account the situation of insufficient information for making managerial decisions that affect the efficiency of economic activities of construction participants and generate economic risks. A methodological example of applying game-theoretic modeling is considered in substantiating the selection of priority innovative solutions in the field of industrial-civil and transport construction using the “games with nature” class in a situation of partial uncertainty in changes in the external environment. There have been identified some potential applications of statistical games in combination with probability theory that expand the scope of game-theoretic modeling in order to improve the substantiation quality of selecting priority innovative solutions and reducing economic risks in the activities of construction participants.

Keywords: construction activities, innovative solutions, selection of a priority option, game-theoretic modeling, economic risks.

Обоснование выбора приоритетного управленческого решения в деятельности каждого из участников строительства — основной и ответственный этап при обеспечении эффективного управления. В экономической теории и практике обоснование выбора приоритетных управленческих решений является актуальной проблемой. Приоритетное направление поиска решения данной проблемы — использование количественных и качественных методов экономико-математического моделирования и оптимизации. Принимая во внимание, что в теории принятия решений применяются разные концепции, предметом настоящего исследования рассматривается теоретико-игровая концепция.

В последние годы теоретико-игровой подход все чаще находит применение для обоснования принятия решений в различных отраслях деятельности человека: строительстве [1–7], сельском хозяйстве [8, 9], медицине [10, 11] и многих других. Отличительная особенность применения теоретико-игрового моделирования для обоснования выбора приоритетного управленческого решения, в том числе обоснования выбора приоритетного инновационного решения, проявляется в том, что:

- основной моделью принятия управленческих решений, включая обоснование выбора приоритетного управленческого решения, является статистическая игра, что соответствует разработанной теории принятия статистических решений или теории статистических игр [12, 13];
- рекомендуемые к применению модели ориентированы на принятие оптимальных решений исходя из соответствующих критериев в условиях неопределенности [14–16], неполной информации и случайности, что обуславливает экономический риск и необходимость применения адекватных игровых моделей [17, 18];
- продуктивный методический подход для реализации концепции моделирования процесса принятия управленческих решений в экономике, в том числе в процессе обоснования выбора оптимального инновационного решения в деятельности строительных организаций, — комбинированное применение статистических и антагонистических игр.

Учет этих особенностей при соблюдении требования адекватности применяемых мате-

матических моделей обуславливает необходимость в разработке теоретико-игрового подхода к моделированию процесса обоснования выбора управленческого решения в экономике, в том числе инновационного решения в деятельности строительных организаций, обладающего научной обоснованностью и практической значимостью и позволяющего учитывать неопределенность, случайность, неполноту информации и проявляемый в этой связи экономический риск.

Применительно к строительной отрасли теоретико-игровой подход может быть использован для решения различных задач: принятия приоритетных проектных [3, 6], организационных [4] и инвестиционных [5] решений, распределения штрафов и прибыли при совместном участии в строительстве [1, 7], моделирования организации и участия в тендерах на строительные работы [2] и других. Число задач строительной отрасли, решаемых с использованием теории игр, неуклонно растет.

Цель статьи — показать потенциальные методические и прикладные потенциальные возможности теоретико-игрового моделирования при обосновании выбора приоритетного варианта инновационного и инвестиционного решения в деятельности строительных организаций в комплексной взаимосвязи с оценкой экономических рисков. Процесс обоснования выбора приоритетного варианта инновационного и инвестиционного решения сопряжен с проблемой принятия обоснованных управленческих решений. Инвесторы и непосредственные участники промышленно-гражданского и дорожного строительства поставлены в условия необходимости выбора наилучшего инвестиционного, инновационного и иного управленческого решения, отвечающего требованиям оптимального решения в соответствии с принятыми критериями (минимизации срока строительства зданий и сооружений, минимизации риска инвестиционного проекта, максимизации уровня применения новых конструктивных решений, использования инновационных строительных материалов, технологий проектирования и возведения строительных объектов и иных критериев) [19].

Проблема обоснования выбора приоритетного инновационного, в том числе инвестиционного решения на стадии разработки и реализации

инвестиционного проекта при возведении строительных объектов, является достаточно актуальной. Поиску ее решения посвящены многие исследования, однако пока не разработан единый методический подход к обоснованию метода, отвечающего предъявляемым требованиям к обоснованию выбора приоритетного инвестиционного и инновационного проекта. Одним из актуальных направлений поиска решения данной проблемы нами рассматривается моделирование процесса выбора оптимальных инновационных и инвестиционных решений с учетом экономических рисков в оценке эффективности инвестиционных проектов.

Традиционный подход к проблеме выбора инвестиционного решения основан на оценке экономической эффективности проектов. Согласно российской методике по оценке экономической эффективности инвестиционных проектов, построенной на заимствовании зарубежного опыта [20], классическими количественными показателями оценки являются чистый дисконтированный доход (NPV), внутренняя норма доходности (IRR), индекс доходности (PI), период окупаемости проекта без учета дисконтирования (PP) и период окупаемости с учетом дисконтирования (DPP). При этом слабое место в обосновании выбора инвестиционного решения — невозможность получения необходимых данных по условиям реализации инвестиционных проектов в силу того, что неизвестны будущие темпы инфляции, цены, спрос и другие экономические риски.

Поиск решения данной задачи требует привлечения новых методов и моделей, позволяющих выбирать наиболее экономически эффективные проекты (с точки зрения инвестора) с минимальным экономическим риском. Это обуславливает необходимость формирования системы показателей количественной оценки уровня экономического риска, развития методов моделирования экономического риска, методов оптимизации и распределения экономического риска, активизации потенциала экономического приложения теории игр в области теоретико-игрового моделирования принятия решений в обосновании выбора инвестиционного решения в строительной сфере.

Для решения этой задачи предлагается использовать теоретико-игровой подход [4, 5].

Рассмотрим применение теоретико-игрового подхода к обоснованию выбора приоритетного инновационного решения в деятельности строительной организации на методическом примере. Перед управляющим строительной организацией как лица, принимающего решение (ЛПР), стоит необходимость принять одно из следующих управленческих инновационных решений: применить новые строительные технологии (c_1), обновить и модернизировать строительное производство (c_2) или выйти на рынок с инновационной строительной продукцией (c_3). Согласно теоретико-игровой концепции принятие ЛПР инновационного решения состоит в осознанном выборе по определенным правилам наиболее приемлемой (оптимальной) стратегии из множества стратегий, имеющихся в распоряжении ЛПР.

Ситуация на строительном рынке может развиваться по одному из известных сценариев: быстрый рост рынка (s_1), неизменное состояние (s_2), спад рынка (s_3). При этом известны вероятности p реализации этих сценариев: 0,25, 0,15 и 0,6 соответственно. Рекомендации управляющему строительной организацией (ЛПР) можно дать, опираясь на математическую модель «игры с природой» [21], которая включает в себя множество игроков, множество стратегий каждого из игроков и функцию полезности (выигрыша) $h(c, s)$, которая описывается матрицей полезности (выигрышей) (табл. 1). Значение, находящееся в матрице выигрышей в i -й строке и j -м столбце, характеризует выигрыш (прибыль) ЛПР (в млн руб.) при выбранной им i -й стратегии и случившемся j -м состоянии природы.

Так как в рассматриваемой ситуации вероятностные оценки изменения рыночной среды известны и их значениям можно доверять, обоснование выбора оптимальной корпоративной инновационной стратегии возможно на основе применения критериев оптимальности в условиях риска: максимума ожидаемой полезности (МОП), Ходжа–Лемана, наиболее вероятного состояния природы и минимума ожидаемых сожалений.

Согласно критерию максимума ожидаемой полезности (МОП) оптимальной стратегией (c^*) станет действие ЛПР, математическое ожидание

Таблица 1

Матрица полезности (выигрышей)

Альтернативные стратегии строительной организации	Ситуации на строительном рынке		
	Быстрый рост (s_1)	Неизменное состояние (s_2)	Спад (s_3)
Применение новых строительных технологий (c_1)	150	60	30
Обновление и модернизация строительного производства (c_2)	120	190	80
Выход на рынок с инновационной строительной продукцией (c_3)	40	50	90

полезности (выигрыша) которого окажется наибольшим:

$$c^* = \arg \max M(h(c_p, s)). \quad (1)$$

Ожидаемые полезности (выигрыши) для строительной организации-инноватора по каждой стратегии (по данным табл. 1) составят (млн руб.):

$$h(c_1, s) = 150 \cdot 0,25 + 60 \cdot 0,15 + 30 \cdot 0,60 = 64,5;$$

$$h(c_2, s) = 120 \cdot 0,25 + 190 \cdot 0,15 + 80 \cdot 0,60 = 106,5;$$

$$h(c_3, s) = 40 \cdot 0,25 + 50 \cdot 0,15 + 90 \cdot 0,60 = 71,5.$$

Максимальная ожидаемая полезность $M(h(c_p, s))$ составила 106,5 млн руб. Следовательно, по критерию максимума ожидаемой полезности оптимальная стратегия организации-инноватора — это стратегия обновления и модернизации строительного производства (c_2).

Стратегия c^* организации-инноватора оптимальна по критерию Ходжа–Лемана, если

$$c^* = \arg \max [\alpha h_{\min}(c_p, s) + (1 - \alpha) h_{\max}(c_p, s)], \quad (2)$$

где α — коэффициент, или параметр пессимизма, $\alpha \in [0; 1]$; если $\alpha = 0$, то критерий Ходжа–Лемана сводится к критерию максимина, а если $\alpha = 1$, то критерий Ходжа–Лемана сводится к критерию максимума ожидаемой полезности; $h_{\min}(c_p, s)$ — наименьшее значение полезности в i -й строке; $h_{\max}(c_p, s)$ — наибольшее значение полезности в i -й строке.

Используем в нашей задаче критерий Ходжа–Лемана при $\alpha = 0,5$:

$$0,5h_{\min}(c_1, s) + 0,5h_{\max}(c_1, s) = 0,5 \cdot 30 + 0,5 \cdot 64,5 = 47,25;$$

$$0,5h_{\min}(c_2, s) + 0,5h_{\max}(c_2, s) = 0,5 \cdot 80 + 0,5 \cdot 106,5 = 93,25;$$

$$0,5h_{\min}(c_3, s) + 0,5h_{\max}(c_3, s) = 0,5 \cdot 40 + 0,5 \cdot 71,5 = 55,75.$$

Следовательно, оптимальной корпоративной стратегией организации-инноватора по крите-

рию Ходжа–Лемана (при $\alpha = 0,5$) является стратегия обновления и модернизации строительного производства (c_2), так как эта стратегия соответствует максимальному значению величины

$$0,5 h_{\min}(c_p, s) + 0,5 h_{\max}(c_p, s).$$

При использовании критерия наиболее вероятного состояния природы (НВСП) выбирается состояние природы (строительного рынка), вероятность которого максимальна. Оптимальным считается действие (стратегия), соответствующее максимальной полезности для этого выбранного состояния. В нашей задаче максимальную вероятность имеет состояние спада традиционного рынка ($p_3 = 0,6$), для которого выход на рынок организации-инноватора с инновационной строительной продукцией имеет наибольшую полезность (90 млн руб.). Поэтому c_3 — оптимальная стратегия при применении критерия наиболее вероятного состояния природы (используемого редко при существенном различии между максимальной вероятностью и остальными вероятностями состояний природы).

При использовании критерия минимума ожидаемых сожалений (МОС) на основе матрицы выигрышей (см. табл. 1) формируется функция сожалений (рисков) $l(c, s)$, которая описывается матрицей сожалений (рисков) (табл. 2). Под сожалением (риском) понимается недополученная выгода (в млн руб.) организации-инноватора при выбранной стратегии относительно наибольшей возможной выгоды при случившемся состоянии природы, и определяется как разность между наибольшим и текущим вещественным числовым значением выигрыша в матрице полезности (выигрышей) для заданного состояния природы.

На основе полученной функции сожалений для каждой стратегии ЛПР определяется мате-

матическое ожидание сожалений. Оптимальное действие ЛПР соответствует минимальному значению ожидаемого сожаления. Следовательно, c^* будет оптимальной стратегией по критерию минимума ожидаемых сожалений, если

$$c^* = \arg \min M(l(c_p, s)). \quad (3)$$

Определим оптимальное действие (стратегию) для организации-инноватора по критерию минимума ожидаемых сожалений (рисков) (см. табл. 2) согласно выражению (3):

$$l(c_1, s) = 0 \cdot 0,25 + 130 \cdot 0,15 + 60 \cdot 0,6 = 55,5;$$

$$l(c_2, s) = 30 \cdot 0,25 + 0 \cdot 0,15 + 10 \cdot 0,6 = 13,5;$$

$$l(c_3, s) = 110 \cdot 0,25 + 140 \cdot 0,15 + 0 \cdot 0,6 = 48,5.$$

Минимальным ожидаемое сожаление (13,5) оказалось для $l(c_2, s)$, следовательно, оптимальной стратегией для организации-инноватора по критерию минимума ожидаемых сожалений (рисков) является стратегия обновления и модернизации строительного производства (c_2).

Результаты расчетов по каждому из критериев обобщаются в целях выработки окончательной рекомендации для ЛПР (табл. 3). Так как стратегия выхода на рынок с инновационной строительной продукцией (c_3) была определена для строительной организации по большинству из применяемых критериев (по трем критериям)

в ситуации частичной неопределенности изменения ситуации на строительном рынке, то данная стратегия рекомендуется ЛПР для рассмотрения и принятия управленческого решения.

По результатам применения теоретико-игрового подхода к обоснованию выбора приоритетного инновационного решения в деятельности строительной организации, представленном на методическом примере, следует сделать следующие обобщения и выводы. Теоретико-игровое моделирование процессов принятия управленческих решений в деятельности строительных организаций существенно расширяет сферу его применения при обосновании выбора оптимальной инновационной и инвестиционной корпоративной стратегии. При этом самым слабым местом прикладного применения теории статистических игр и адекватного ей теоретико-игрового моделирования является ситуация неопределенности пассивной среды или природы, именуемая априорной вероятностью состояний природы. Основными причинами неопределенности, порождающей экономические риски, следует рассматривать недетерминированность природно-климатических, политических, макро- и микроэкономических процессов.

Таблица 2

Матрица сожалений (рисков) организации-инноватора

Альтернативные стратегии строительной организации	Ситуации на строительном рынке		
	Быстрый рост (s_1)	Неизменное состояние (s_2)	Спад рынка (s_3)
Применение новых строительных технологий (c_1)	0	130	60
Обновление и модернизация строительного производства (c_2)	30	0	10
Выход на рынок с инновационной строительной продукцией (c_3)	110	140	0

Таблица 3

Сводный результат применяемых критериев для обоснования выбора оптимальной инновационной стратегии

Альтернативные стратегии строительной организации	Критерий МОП	Критерий Ходжа–Лемана	Критерий НВСП	Критерий МОС
Применение новых строительных технологий (c_1)				
Обновление и модернизация строительного производства (c_2)	+	+		+
Выход на рынок с инновационной строительной продукцией (c_3)			+	

К внутренним по отношению к объекту управления причинам следует отнести несовершенство корпоративной системы управления, в том числе системы управления предпринимательскими рисками (выбор ошибочной стратегии, сегмента строительного рынка, ошибки в оценке конъюнктуры рынка и изменении спроса), риски нововведений, неспособность адекватно измерять, оценивать, осуществлять мониторинг и прогнозировать экономические риски. В этой связи целесообразно использовать более совершенные методы теоретико-игрового моделирования. Продуктивным подходом нами рассматривается реализация потенциала теоретико-игрового моделирования при обосновании выбора оптимальных управленческих решений на основе комбинированного применения статистических и антагонистических игр, что является предметом дальнейшего исследования.

Библиографический список

1. Копытина Е. А., Петрикеев Н. А., Тульская С. Г., Кузнецов С. Н. Применение теории игр в строительной деятельности // Научный журнал строительства и архитектуры. 2018. № 4. С. 137–144.
2. Ahmed M. O., El-Adaway I. H., Coatney K. T., Eid M. S. Construction Bidding and the Winner's Curse: Game Theory Approach // Journal of Construction Engineering and Management. 2016. Vol. 142. Issue 2. Pp. 1–9.
3. Cohen Ch., Pearlmutter D., Schwartz M. A Game Theory-Based Assessment of the Implementation of Green Building in Israel // Building and Environment. 2017. Vol. 125. Pp. 122–128.
4. Луценко М. М., Демин А. М. Использование статистических игр при принятии решений в строительстве // Управление рисками в экономике: проблемы и решения: труды науч.-практ. конф. с международным участием (РИСК'Э-2016). 2016. С. 185–189.
5. Луценко М. М., Демин А. М. Принятие инвестиционных решений в строительстве при неполной информации о функционировании объекта // Инновационная экономика и промышленная политика региона (ЭКОПРОМ-2015): труды междунар. науч.-практ. конф. СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2015. С. 712–715.
6. Луценко М. М., Демин А. М., Савушкина И. А. Теоретико-игровой подход к выбору строительных материалов // Проблемы и достижения в области строительного инжиниринга: сб. мат. науч.-метод. конф., посв. 150-летию кафедры «Здания». СПб.: ПГУПС, 2015. С. 174–178.

7. Луценко М. М., Демин А. М. Справедливые дележи общего дохода в кооперативных играх // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2019. № 2. С. 5–9.
8. Talwariya A., Singh P., Kolhe M. A stepwise power tariff model with game theory based on Monte-Carlo simulation and its applications for household, agricultural, commercial and industrial consumers // Electrical Power and Energy Systems. 2019. № 111. Pp. 14–24.
9. Тарасова И. А., Шукина Н. А., Симонов А. Б., Шведов Е. Г., Андреева Ю. Ю. Применение математической теории игр при принятии решения о создании малого бизнеса в сельскохозяйственной отрасли // Фундаментальные исследования. 2016. № 11. С. 1072–1076.
10. Blake A., Carroll B. T. Game theory and strategy in medical training // Medical Education. 2016. № 50. Pp. 1094–1106.
11. Wu Ch.-K., Chen Y.-M., Wu D. A Game Theory Approach for Deploying Medical Resources in Emergency Department // Communications in Computer and Information Science: Game Theory and Applications. 2017. Vol. 758. Pp. 18–32.
12. Блекуэлл Д., Гириш М. А. Теория игр и статистических решений. М.: ИЛ, 1958. 318 с.
13. Вальд А. Последовательный анализ. М.: Физматгиз, 1960. 328 с.
14. Кононенко А. Ф., Холезов А. Д., Чумаков В. В. Принятие решений в условиях неопределенности. М.: ВЦ АН СССР, 1991. 197 с.
15. Райфа Г. Анализ решений (введение в проблему выбора в условиях неопределенности. М.: Наука, 1977. 408 с.
16. Сигал А. В. Теория игр для принятия решений в экономике: монография. Симферополь: ДИАИПИ, 2014. 308 с.
17. Найт Ф. С. Риск, неопределенность и прибыль. М.: Дело, 2003. 360 с.
18. Экономический риск: игровые модели / В. В. Витлинский и др. Киев: КНЭУ, 2002. 446 с.
19. Веселовский П. В., Чепаченко Н. В., Ураев Г. А., Демин А. М. Теоретико-методологические аспекты измерения и оценки эффективной деятельности строительных организаций // Фундаментальные исследования. 2018. № 11-2. С. 201–205.
20. Коссов В. В., Лившиц В. Н., Шахназаров А. Г. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. М.: Экономика, 2000. 421 с.
21. Луценко М. М., Демин А. М. Теория игр. СПб.: ПГУПС, 2018. 71 с.

References

1. Kopytina E. A., Petrikeev N. A., Tul'skaya S. G., Kuznetsov S. N. *Primenenie teorii igr v stroitel'noy deyatel'nosti* [The game theory application in construction activities]. *Nauchniy zhurnal stroitel'stva i arkhitektury* –

Scientific journal of construction and architecture, 2018, no. 4, pp. 137–144.

2. Ahmed M.O., El-Adaway I. H., Coatney K. T., Eid M. S. Construction bidding and the winner's curse: game theory approach. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2016, vol. 142, iss. 2, pp. 1–9.

3. Cohen Ch., Pearlmuter D., Schwartz M. A game theory-based assessment of the implementation of green building in Israel. *Building and Environment*, 2017, vol. 125, pp. 122–128.

4. Lutsenko M. M., Demin A. M. *Ispol'zovanie statisticheskikh igr pri prinyatii resheniy v stroitel'stve* [The use of statistical games at making decisions in the construction]. *Trudy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Upravlenie riskami v ekonomike: problemy i resheniya» (RISK'E-2016)* [Proceedings of the scientific and practical conference with international participation (RISK'E-2016) "Risk management in the economy: problems and solutions"]. 2016, pp. 185–189.

5. Lutsenko M. M., Dyomin A. M. *Prinyatie investitsionnykh resheniy v stroitel'stve pri nepolnoy informatsii o funktsionirovani ob'ekta* [Making investment decisions in the construction with incomplete information about the operation of the facility]. *Trudy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Innovatsionnaya ekonomika i promyshlennaya politika regiona» (EKOPROM-2015)* [Proceedings of the international scientific and practical conference "Innovative economy and industrial policy of the region" (ECOPROM-2015)]. St. Petersburg, Sankt-Peterburgskiy politekhnicheskii universitet Petra Velikogo Publ., 2015, pp. 712–715.

6. Lutsenko M. M., Dyomin A. M., Savushkina I. A. *Teoretiko-igrovoy podkhod k vyboru stroitel'nykh materialov* [Game-theoretic approach to the choice of construction materials]. *Trudy nauch.-metod.konf., posvyashchennoy 150-letiyu kafedry «Zdaniya» «Problemy i dostizheniya v oblasti stroitel'nogo inzhiniringa»* [Proc. of the scientific-method. conf. dedicated to the 150-th anniversary of the "Buildings" department "Problems and achievements in the field of construction engineering"]. St. Petersburg, PGUPS Publ., 2015, pp. 174–178.

7. Lutsenko M. M., Dyomin A. M. *Spravedlivye delezhi obshchego dokhoda v kooperativnykh igrakh* [Fair division of the total income in cooperative games]. *Intellektual'nye tekhnologii na transporte – Intelligent technologies in transport*, 2019, no. 2, pp. 5–9.

8. Talwariya A., Singh P., Kolhe M. A stepwise power tariff model with game theory based on Monte-Carlo simulation and its applications for household, agricultural, commercial and industrial consumers. *Electrical Power and Energy Systems*, 2019, no. 111, pp. 14–24.

9. Tarasova I. A., et al. *Primenenie matematicheskoy teorii igr pri prinyatii resheniya o sozdaniimalogo biznesa v sel'skokhozyaystvennoy otrasli* [Application of mathematical game theory when making a decision about creating a small business in the agricultural sector]. *Fundamental'nye issledovaniya – Fundamental research*, 2016, no. 11, pp. 1072–1076.

10. Blake A., Carroll B. T. Game theory and strategy in medical training. *Medical Education*, 2016, no. 50, pp. 1094–1106.

11. Wu Ch.-K., Chen Y.-M., Wu D. A game theory approach for deploying medical resources in emergency department. *Communications in Computer and Information Science: Game Theory and Applications*, 2017, vol. 758, pp. 18–32.

12. Blekuell D., Girshik M. A. *Teoriya igr i statisticheskikh resheniy* [Theory of games and making statistical decisions]. Moscow, IL Publ., 1958, 318 p.

13. Val'd A. *Posledovatel'nyy analiz* [Sequential analysis]. Moscow, Fizmatgiz Publ., 1960, 328 p.

14. Kononenko A. F., Kholezov A. D., Chumakov V. V. *Prinyatie resheniy v usloviyakh neopredelennosti* [Decision-making in conditions of uncertainty]. Moscow, VTs AN SSSR Publ., 1991, 197 p.

15. Rayfa G. *Analiz resheniy (vvedenie v problemu vybora v usloviyakh neopredelennosti)* [Analysis of solutions (introduction to the problem of choice under uncertainty)]. Moscow, Nauka Publ., 1977, 408 p.

16. Sigal A.V. *Teoriya igr dlya prinyatiya resheniy v ekonomike* [Game theory for decision making in economics]. Simferopol, DIAYPI Publ., 2014, 308 p.

17. Nayt F. S. *Risk, neopredelennost' i pribyl'* [Risk, uncertainty and profit]. Moscow, Delo Publ., 2003, 360 p.

18. Vitlinskiy V. V., et al. *Ekonomicheskii risk: igrovye modeli* [Economic risk: game models]. Kiev, KNEU Publ., 2002, 446 p.

19. Veselovskiy P. V., Chepachenko N. V., Uraev G. A., Demin A. M. *Teoretiko-metodologicheskie aspekty izmereniya i otsenki effektivnoy deyatel'nosti stroitel'nykh organizatsiy* [Theoretical and methodological aspects of measuring and evaluating the effective activity of construction organizations]. *Fundamental'nye issledovaniya – Fundamental research*, 2018, no. 11(2), pp. 201–205.

20. Kossov V. V., Livshits V. N., Shakhnazarov A. G. *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke effektivnosti investitsionnykh projektov* [Methodological recommendations for evaluating the effectiveness of investment projects]. Moscow, Ekonomika Publ., 2000, 421 p.

21. Lutsenko M.M., Dyomin A. M. *Teoriya igr* [Game theory]. Saint Petersburg, PGUPS Publ., 2018, 71 p.