

УДК 330.43
ББК 65.05

DOI: 10.25683/VOLBI.2020.53.459

Mikhel Ekaterina Alekseevna,
Specialist in Educational and Methodical Work
of the Higher School of Engineering and Economics,
Peter the Great St. Petersburg
Polytechnic University,
Russian Federation, Saint Petersburg,
e-mail: mihel_ea@spbstu.ru

Михель Екатерина Алексеевна,
специалист по учебно-методической работе
Высшей инженерно-экономической школы,
Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
e-mail: mihel_ea@spbstu.ru

Zaytsev Andrey Aleksandrovich,
Doctor of Economics,
Professor of the Higher School
of Engineering and Economics,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
Russian Federation, Saint Petersburg,
e-mail: andrey_z7@mail.ru

Зайцев Андрей Александрович,
д-р экон. наук,
профессор Высшей инженерно-экономической школы,
Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
e-mail: andrey_z7@mail.ru

Rodionov Dmitriy Grigoryevich,
Doctor of Economics,
Director of the Higher School of Engineering and Economics,
Peter the Great St. Petersburg
Polytechnic University,
Russian Federation, Saint Petersburg,
e-mail: drodionov@spbstu.ru

Родионов Дмитрий Григорьевич,
д-р экон. наук,
директор Высшей инженерно-экономической школы,
Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого,
Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
e-mail: drodionov@spbstu.ru

ПОСТРОЕНИЕ ТЕОРЕТИКО-ИГРОВОЙ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

BUILDING A GAME-THEORETIC MODEL OF INTERACTION OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

08.00.13 — Математические и инструментальные методы экономики
08.00.13 — Mathematical and instrumental methods of economics

Использование теоретико-игровых подходов позволяет с высоким уровнем эффективности смоделировать потенциальное поведение различных экономических агентов в процессе ведения конкурентной борьбы или осуществления определенных мероприятий, направленных на взаимовыгодное сотрудничество. Математический аппарат теории игр объединяет широкую совокупность инструментов рационализации, в частности промышленных приложений, к которым относятся такие элементы, как оптимальное использование доступных ресурсов, решение вопросов социального характера, экономика совместного использования различных объектов и реализация устойчивых хозяйственных операций. Имеется возможность адаптировать игровые алгоритмы к вопросам сотрудничества экономических субъектов, что предоставит возможность определить пути наиболее справедливого распределения финансовых и иных ресурсов в конкурентных ситуациях межкорпоративного взаимодействия. В рамках данной статьи предлагается разработать на основе теории игр модель взаимоотношений промышленных предприятий по финансовым вопросам с учетом их интересов, стратегий, конфликтных зон. Были рассмотрены предложения по дальнейшему развитию финансовых стратегий, приведен алгоритм формирования взаимовыгодной финансовой стратегии компаний с использованием теоретико-игрового инструментария. В рамках данной работы была разработана теоретико-игровая модель для двух предприятий, находящихся в партнерских взаимоотношениях. На основе проделанного анализа появляется возможность прогнозировать наиболее

выгодные сроки проведения платежей между сторонами, а также внести рекомендации по дальнейшему развитию финансовых стратегий. Разработанная модель позволяет предприятиям реализовывать наиболее эффективные управленческие решения по перемещению финансовых потоков, которые в дальнейшем дадут возможность провести корректировку действующей финансовой стратегии и избежать наступления рисков потерь денежных ресурсов.

The use of the game-theoretic approaches makes it possible to model the potential behavior of various economic agents with a high level of efficiency in the process of conducting competition or implementing certain measures aimed at mutually beneficial cooperation. The mathematical apparatus of the game theory combines a wide range of rationalization tools, in particular, industrial applications, which include such elements as optimal use of available resources, solving social issues, economy of sharing various objects, and implementation of sustainable economic operations. It is possible to adapt game algorithms to the issues of cooperation between economic entities, which will make it possible to determine the most equitable distribution of financial and other resources in competitive situations of intercorporate interaction. In this article, it is proposed to develop a game theory-based model of relationships between industrial enterprises on financial issues, taking into account their interests, strategies, and conflict zones. Proposals for further development of financial strategies were considered, and an algorithm of development of a mutually beneficial financial strategy of companies using the game-theoretic tools

was presented. The developed model allows the management of enterprises to implement the most effective management decisions on the movement of financial flows, which in the future will make it possible to adjust the current financial strategy and avoid the risk of loss of monetary resources. As part of this work, a game-theoretic model was developed for two companies that are in partnership. Based on this analysis, it is possible to predict the most favorable terms for making payments between the parties, as well as make recommendations for further development of financial strategies.

Ключевые слова: теоретико-игровой подход, критерии теории игр, математическое моделирование, теория игр, равновесие по Нэшу, разработка финансовой стратегии, игровое моделирование, взаимодействие предприятий.

Keywords: game-theoretic approach, game theory criteria, mathematical modeling, game theory, Nash equilibrium, financial strategy development, game modeling, enterprises interaction.

Введение

Актуальность. Успешность финансовой деятельности экономических субъектов находится в прямой зависимости от качества принимаемых управленческих решений. Однако процесс их принятия сопряжен с возникновением альтернативных вариантов действий и рисков ситуаций, являющихся следствием высокой неопределенности внешней среды. Рационализация управленческих решений должна быть направлена на сокращение рисков ситуаций, большинство из которых сложно или практически невозможно избежать в рыночной среде. Наиболее остро стоит вопрос при принятии решений по вопросам инвестиционного и финансового характера в условиях кризиса [1, 2]. Актуальность данного исследования связана с возможностью расширения практической адаптации теоретико-игровых критериев к процессам принятия стратегических решений в российских компаниях при повышении уровня конкуренции на рынке в условиях крайнего риска и значительной неопределенности. Так, применение теории игр как инструмента рационализации управленческих решений дает возможность на математической основе определить их оптимальность и эффективность.

Изученность проблемы. Использование математических методов в экономической практике является действенным способом повышения итоговой эффективности хозяйственной деятельности предприятий. Хоть математическая и экономическая науки имеют свои объекты и предметы исследования, их взаимодействие позволяет решить множество хозяйственных проблем. В работах [3, 4] обоснована возможность применения математического аппарата в сфере промышленного производства и отмечено, что математические методы в экономических задачах позволяют произвести оптимизацию производственных и управленческих процессов. Например, к способам математической оптимизации можно отнести линейное программирование или теоретико-игровой аппарат.

В научной среде признанным является факт, что теория игр представляет собой эффективный инструмент для понимания многих процессов, связанных с управленческими решениями в условиях неопределенности и при наличии множественных альтернатив. В частности, данная позиция рассматривалась в работах [5–7]. Отмечается, что

теоретико-игровые инструменты оптимизации позволяют экономическим агентам (игрокам) выполнять конкретные действия в альтернативных ситуациях. Таким образом, в рамках теории игр широко рассматриваются аспекты построения моделей рационального поведения [8, 9].

Данная статья посвящена изучению моделей построения финансовых стратегий промышленных предприятий, следовательно, вызвал интерес анализ работ в области управления финансами предприятия [10] и принятия стратегических финансовых решений корпоративным менеджментом с помощью теоретико-игровых инструментов [11, 12]. В работах исследователей отмечается, что одним из наиболее эффективных инструментов теории игр является равновесие по Нэшу, которое можно использовать для выбора наиболее оптимальных стратегий между несколькими экономическими агентами (игроками). В частности, в работе [13] отмечается, что в мире, где агенты допускают небольшие ошибки, для совершенствования принятия решений требуется, чтобы существовала хотя бы одна допустимая модель маловероятных ошибок с определенным равновесием. Использование равновесных моделей можно считать относительно идеальным инструментом в условиях крайней неопределенности, поскольку они устойчивы к выбору экономическими агентами непреднамеренных стратегий с учетом небольших колебаний.

Практические методы адаптации теории игр к рационализации управленческих процессов на предприятии были рассмотрены в работах [14, 15]. На основе данных исследований была выявлена высокая эффективность использования теоретико-игровых критериев в корпоративной среде при построении инвестиционных и финансовых стратегий. Стоит отметить, что осуществление планирования финансовой стратегии будет низкоэффективным без учета стратегических инвестиционных планов [2]. Необходимо смоделировать такие способы принятия управленческих решений, которые будут способствовать максимизации положительных эффектов в условиях рыночной конкуренции, что было рассмотрено в работе [16]. А теория игр является тем необходимым инструментом, который можно использовать для поиска оптимальных параметров межкорпоративного взаимодействия.

Целесообразность разработки темы связана с существующими ограничениями при формировании стратегий межкорпоративного взаимодействия по финансовым вопросам. Для сокращения рисков ситуаций необходимо провести анализ финансовых стратегий и определить соответствие уровня риска потенциальному выигрышу. Решение данной проблемы заключается в проведении расчетов на основе математического моделирования. Таким образом, основным методом исследования является теория игр. Применение критериев теории игр как эффективного способа рационализации целесообразно в различных ситуациях, поскольку их легко адаптировать к изменяющимся условиям внешне среды.

Цель исследования — произвести разработку модели взаимоотношений промышленных предприятий на основе теоретико-игрового подхода, учитывая их стремление к взаимовыгодному сотрудничеству. Для этого предлагается решить **задачи** по построению алгоритма формирования финансовой стратегии предприятия с использованием инструментария теории игр, который в дальнейшем сможет улучшить финансовую стратегию предприятий и избежать рисков потерь.

Научная новизна заключается в разработке и обосновании методических положений по формированию финансовой стратегии взаимодействия промышленных предприятий на основе теоретико-игровых инструментов. Авторский подход учитывает необходимость осуществления межкорпоративного сотрудничества и справедливого распределения финансовых ресурсов между предприятиями.

Теоретическая значимость исследования состоит в развитии теоретических и методических положений теории игр для использования в анализе эффективности взаимодействия промышленных предприятий по финансовым вопросам. **Практическая значимость** исследования состоит в возможности использовать предприятиями полученные результаты для организации эффективного взаимодействия друг с другом. Данный факт был подтвержден на основе апробации разработанной методики адаптации теоретико-игровых критериев к формированию стратегии.

Основная часть

Кризисные условия усугубляют положение многих промышленных предприятий и ставят жесткие требования по изысканию способов повышения эффективности своей деятельности за счет межкорпоративного сотрудничества. Конкурентная позиция современных предприятий промышленного производства связана с умением наладить стратегическое бизнес-партнерство, которое должно учитывать интересы нескольких экономических агентов, в том числе и разнонаправленные. Таким образом, стратегический менеджмент компании должен использовать доступные элементы долгосрочного планирования, при котором потоки денежных ресурсов должны поступать не только непрерывно и своевременно, но и учитывать возможности сотрудничества с другими бизнес-субъектами [1, 7].

В промышленности, как и в любой другой деятельности, управление должно быть направлено на обеспечение максимальной эффективности от располагаемых средств. Экономическая наука на современном этапе развития предлагает множество альтернативных вариантов построения корпоративных стратегий в условиях нестабильной макроэкономической среды, но, к сожалению, не существует единого совершенного метода, позволяющего максимизировать эффективность. Так, для межкорпоративного взаимодействия требуется определиться с содержанием финансовой стратегии каждого предприятия, в которой учтены аспекты его положения на рынке, отраслевой принадлежности, региона функционирования, размеров. Для наиболее эффективного распределения финансовых ресурсов между предприятиями можно использовать аппарат теории игр [10, 14].

При рассмотрении классических способов применения теории игр в экономике можно выделить наиболее простую ситуацию конфликта между двумя игроками, при которой разрешение конфликтности находится путем построения матричной игры. Следовательно, имеется два игрока с определенными стратегиями действий. В контексте формирования стратегии каждого отдельного предприятия использование теоретико-игровых критериев зачастую направлено на поиски максимального выигрыша одного предприятия за счет проигрыша другого [8, 13].

Например, в случае возникновения конфликтной ситуации, происходит борьба между двумя игроками, которые

могут выступать как хозяйствующие субъекты, за получение максимального выигрыша. Так, если имеется два игрока, которыми выступают конкурирующие между собой предприятия, условно названные А и В, то допускается возможность определить конечное число потенциальных стратегий:

$$A = \{A_1, A_2, A_3, \dots, A_x\}, \quad (1)$$

$$B = \{B_1, B_2, B_3, \dots, B_y\}, \quad (2)$$

где x и y — конечное число стратегий каждого игрока.

Стандартную игру для игроков А и В при наличии трех стратегий у каждого игрока можно представить в виде следующих матриц:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

$$B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Причем данные стратегии направлены на индивидуальный выигрыш, когда игрок 1 стремится обыграть игрока 2, и наоборот. В таких условиях игра является антагонистической, а выигрыш игрока А полностью противоположен игроку В. Таким образом, если a_i — выигрыш игрока А, а b_j — выигрыш игрока В, то $a_i = -b_j$, а $b_j = -a_i$. Такие условия можно назвать «абсолютной конкуренцией», однако на рынке они встречаются редко, так как компаниям гораздо чаще выгодно взаимодействовать между собой и искать совместные пути развития [5, 15].

С позиции авторского коллектива предлагается адаптировать теоретико-игровые критерии к ситуации взаимодействия промышленных предприятий между собой с целью сохранения их стабильного сотрудничества. Использование матричной игры было бы нерациональным, так как интересы игроков не противоположны, а направлены на получение максимального выигрыша для обеих сторон. То есть имеет смысл найти такие стратегии взаимодействия, которые будут максимально выгодны обеим сторонам, а сделанное моделирование позволит количественно обосновать сделанный выбор.

В случае взаимодействия предприятий с позиции теоретико-игрового подхода речь идет о выборе наиболее оптимальных стратегий, где у двоих игроков будет наблюдаться максимальный выигрыш. Такая игра называется игрой с ненулевой суммой, где все действия желательно координировать с партнером, имеется возможность взаимовлияния, а действия могут быть как кооперативными, так и некооперативными. Для построения авторской модели предлагается использовать биматричную игру, цель которой заключается в поиске равновесия [9, 16].

На основе теоретических трудов Нэша можно заключить, что в условиях построения биматричной модели игра будет иметь минимум одну ситуацию, удовлетворяющую интересам обеих сторон, максимизируя их выигрыш. Отклонение от данного выигрыша приведет к потерям одной из сторон и не всегда ведет к большему выигрышу для другой. В общих случаях равновесие может быть не единственным, и каждому из равновесий может соответствовать свое значение выигрышей у игроков [6, 13].

Полученные стратегии имеется возможность записать в виде табл. 1.

Таблица 1

Пример матрицы игры для двух взаимодействующих игроков

		Игрок А			
		A_1	A_2	...	A_n
Игрок В	B_1	$(a_{11}; b_{11})$	$(a_{12}; b_{12})$...	$(a_{1n}; b_{1n})$
	B_2	$(a_{21}; b_{21})$	$(a_{22}; b_{22})$...	$(a_{2n}; b_{2n})$

	B_m	$(a_{m1}; b_{m1})$	$(a_{m2}; b_{m2})$...	$(a_{mn}; b_{mn})$

В рамках данного исследования предлагается адаптировать критерии теории игр к следующим аспектам межфирменного взаимодействия:

1) на основе биматричной игры определить возможность взаимодействия между компаниями по финансовым вопросам;

2) построить биматричную игру оптимизации времени передачи платежа между компаниями, учитывая их денежные потоки.

В первом варианте для определения эффективности взаимодействия между компаниями на основе теории игр необходимо рассчитать полученный или ожидаемый эффект для каждой компании при каждой ситуации $(x_{11}; x_{12}; x_{21}; x_{22}; y_{11}; y_{12}; y_{21}; y_{22})$.

Таблица 2

Матрица эффективности взаимодействия двух игроков

		Игрок 2	
		Взаимодействовать	Не взаимодействовать
Игрок 1	Взаимодействовать	$(x_{11}; y_{11})$	$(x_{12}; y_{12})$
	Не взаимодействовать	$(x_{21}; y_{21})$	$(x_{22}; y_{22})$

При этом в случае взаимодействия возможно предложить использование коэффициента риска в игре или учитывать неточность полученных значений. Итоговые расчеты помогают определить относительную эффективность конкретно выбранного действия, даже если количественные выражения альтернативной стратегии превышают значения данного действия.

Например, если взаимодействие предприятий принесет эффект с абсолютной точностью в размере 1 700, а в случае принятия решения об отсутствии взаимодействия эффект может достигать 1 900, но имеется вероятность и сокращения эффективности до 1 300, то наиболее правильным будет выбрать вариант взаимодействия как наименее рискованный. То есть равновесие смещается за счет учета риска.

Такая ситуация может возникнуть, в случае если имеется множество альтернативных поставщиков, у которых будут более выгодные условия. Однако имеется и множество компаний с худшими условиями, что может привести к негативным финансовым результатам. Так, необходимо оценить потенциальные риски и выбрать наиболее оптимальный вариант.

Для упрощения рассмотрения подобных ситуаций предлагается ввести эффект «кооперации» в игру, согласно которому даже при наличии более выгодных для одного предприятия условий ему все равно следует взаимодействовать с первой компанией, так как у предприятий имеется устойчивая связь на протяжении какого-то времени и потери

не являются существенными, или первая компания может пойти на некоторые уступки, так как альтернативные варианты менее эффективны.

Положительные стороны применения теоретико-игровой стратегии для взаимодействия между двумя предприятиями позволяют смоделировать условия реализации стратегий, что позволяет выбрать наиболее предпочтительную из них для всех игроков. Практическое применение данного метода существенно упрощает способ принятия решения по финансовым вопросам и оптимизировать финансовую политику [11, 15].

Недостатком предложенной модели является сложность при адаптации ее к трем и большему количеству игроков. Также применение данной теории осложняется сильными флуктуациями внешней среды и недоступностью необходимой информации [5, 12]. Тем не менее в условиях ограниченности информации применение теоретико-игровых критериев целесообразно для сокращения риска наступления негативных последствий.

Предложенный механизм взаимодействия предлагается рассмотреть на анализируемых предприятиях (X и Y; примечание: названия изменены с целью сохранения коммерческой тайны). Использование теоретико-игрового подхода позволит оценить эффективность ведения их финансовых взаиморасчетов между предприятиями за счет выявления эффективности используемых предприятиями денежных средств.

Предприятие X производит закупки у предприятия Y на сумму 5000 тыс. руб. ежегодно. Данная сделка может быть как выгодна, так и проигрышна для двух предприятий. При этом каждое предприятие может взаимодействовать с третьими игроками, функционирующими на рынке, игнорируя друг друга. Имеется возможность построить матрицу взаимодействия игроков, где рассматривается игра с ненулевой суммой. Данная матрица стратегий предприятий представлена в табл. 3.

Таблица 3

Матрица стратегий взаимодействия X и Y

		Y		
		A	B	C
X	A	$(x_{11}; y_{11})$	$(x_{12}; y_{12})$	$(x_{13}; y_{13})$
	B	$(x_{21}; y_{21})$	$(x_{22}; y_{22})$	$(x_{23}; y_{23})$
	C	$(x_{31}; y_{31})$	$(x_{32}; y_{32})$	$(x_{33}; y_{33})$

Примечание:

стратегия А — взаимодействовать;

стратегия В — не взаимодействовать;

стратегия С — взаимодействовать с третьими лицами.

Таким образом, получается построить классическую биматричную игру, где действия X можно выразить матрицей:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} \end{pmatrix} \quad (5)$$

Действия Y выражаются через матрицу:

$$Y = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} \\ y_{31} & y_{32} & y_{33} \end{pmatrix} \quad (6)$$

Учитывая данную ситуацию, возможно возникновение следующих ситуаций:

1. Если оба предприятия решат взаимодействовать, то результат будет равен $(x_{11}; y_{11})$.
2. Если X пойдет на взаимодействие, а Y решит отказаться от сделки, то результат будет равен $(x_{12}; y_{12})$.
3. Если X пойдет на взаимодействие, а Y решит заключить договор с третьими лицами, то результат будет равен $(x_{13}; y_{13})$.
4. Если Y пойдет на взаимодействие, а X решит отказаться от сделки, то результат будет равен $(x_{21}; y_{21})$.
5. Если оба предприятия решат не взаимодействовать, то результат будет равен $(x_{22}; y_{22})$.
6. Если X решит отказаться от сделки, а Y решит взаимодействовать с третьими лицами, то результат будет равен $(x_{23}; y_{23})$.
7. Если X решит взаимодействовать с третьими лицами, а Y пойдет на взаимодействие, то результат будет равен $(x_{31}; y_{31})$.
8. Если X решит взаимодействовать с третьими лицами, а Y решит отказаться от сделки, то результат будет равен $(x_{32}; y_{32})$.
9. Если X и Y решат взаимодействовать с третьими лицами, то результат будет равен $(x_{33}; y_{33})$.

Можно сделать вывод, что в случае решения одного предприятия о взаимодействии и отказе от сделки другого, результат первого предприятия будет равен 0 или уровню транзакционных издержек. Если рассматривать транзакционные издержки, то стоит отметить о сумме вложений, которые понесет одно предприятие в случае подготовки к совершению сделки, отклоненной другим. Данные издержки могут быть непостоянными в связи с наличием альтернативных вариантов проведения сделок. Таким образом, имеется возможность использовать теоретико-игровые критерии для оптимизации объема транзакционных издержек предприятия.

В данной ситуации при равенстве транзакционных издержек по договору можно сделать следующее заключение: $x_{12} = x_{13}; y_{21} = y_{31}$.

Результат отказа от сделки для X будет равен 0 или транзакционным издержкам, в любом случае можно сделать следующее заключение: $x_{21} = x_{22} = x_{23}$.

Тогда как для Y результат отказа от сделки будет иметь отрицательный характер даже без учета транзакционных издержек, в связи с необходимостью хранить материалы на складе. Можно сделать следующее заключение: $y_{12} = y_{22} = y_{32}$.

В данном случае при отказе от сделки не учитывается упущенный доход. Имеется возможность развить данную методику для учета упущенной выгоды, что позволит серьезно пересмотреть процессы формирования финансовых стратегий экономических субъектов.

Результат взаимодействия с третьими лицами оценивается для X как возможный уровень цены, по которой возможно произвести закупки необходимых материалов или их заменителей, т. е. $x_{31} = x_{32} = x_{33}$. Необходимо произвести анализ рынка для выявления поставщиков, которые отвечают требованиям предприятия. В идеальном случае необходимо рассчитывать не только ценовые характеристики, но и географические для выгодных и быстрых поставок, уровень надежности поставщика для долгосрочного сотрудничества, качество поставляемых материалов и т. д.

Результат взаимодействия с третьими лицами оценивается для Y как возможный уровень цены, по которой возможно продать данные материалы необходимых материалов или их заменителей, т. е. $y_{13} = y_{23} = y_{33}$. Необходимо произвести анализ рынка сбыта, где возможно реализовать свой товар по максимальной цене, учитывая все совокупные издержки,

которые может понести предприятие в процессе продажи материалов. В данном случае также важно учитывать уровень надежности субъектов сбыта и наличие потенциальных рисков [9, 15].

На следующем шаге предлагается произвести расчет необходимых показателей для апробации предложенного метода:

1. Расчет выигрыша X от приобретения товаров.

В случае приобретения товаров у предприятия имеется три стратегии реализации товаров, которые могут принести определенную прибыль. При этом прибыль зависит от различных ситуаций, которые можно рассмотреть как ситуацию игры с природой. На основе имеющихся данных по каждой стратегии имеется возможность определить шанс полученного выигрыша. Так, в данном случае приближенные значения выигрышей сгруппированы на определенные вероятности: 5 %; 15 %; 15 %; 20 %; 20 %; 25 %.

Полученная матрица представлена в табл. 4.

Таблица 4

Матрица выигрыша X от взаимодействия, тыс. руб.

Стратегия	Ситуация					
	5 %	15 %	15 %	20 %	20 %	25 %
1	10 505	8335	11 280	9815	8760	9615
2	9840	9520	9015	8655	7560	12 160
3	8640	9515	11 335	12 475	7590	8280

Рассчитанный эффект от имеющихся стратегий следующий:

1. $10\,505 \times 0,05 + 8335 \times 0,15 + 11\,280 \times 0,15 + 9815 \times 0,2 + 8760 \times 0,2 + 9615 \times 0,25 = 9586,25$.
2. $9840 \times 0,05 + 9520 \times 0,15 + 9015 \times 0,15 + 8655 \times 0,2 + 7560 \times 0,2 + 12\,160 \times 0,25 = 9555,25$.
3. $8640 \times 0,05 + 9515 \times 0,15 + 11\,335 \times 0,15 + 12\,475 \times 0,2 + 7590 \times 0,2 + 8280 \times 0,25 = 9642,5$.

В данной ситуации предприятие на основе игры с природой примет к реализации третью стратегию как наиболее эффективную. Таким образом, в матрице X данное значение отражает эффективность, полученную в случае решения о взаимодействии.

В случае возникновения проблем со сделкой у предприятия X возникает убыток, связанный с транзакционными издержками. При этом сумма таких издержек зависит от альтернативных действий, которые можно представить в виде матрицы (табл. 5).

Также имеется вероятность убытка, который придется понести предприятию в случае выбора одного из двух действий. Данный убыток сгруппирован по следующим вероятностям: 8 %; 12 %; 17 %; 19 %; 19 %; 25 %.

Таблица 5

Матрица потенциальных транзакционных издержек X , тыс. руб.

Стратегия	Ситуация					
	8 %	12 %	17 %	19 %	19 %	25 %
1	85	120	85	110	90	105
2	100	95	125	95	115	115

Расчет потенциальных транзакционных издержек X :

1. $85 \times 0,08 + 120 \times 0,12 + 85 \times 0,17 + 110 \times 0,19 + 90 \times 0,19 + 105 \times 0,25 = 101,25$.

$$2.100 \times 0,08 + 95 \times 0,12 + 125 \times 0,17 + 95 \times 0,19 + 115 \times 0,19 + 115 \times 0,25 = 108,75.$$

Таким образом, предприятие примет к реализации первый вариант действий как наименее затратный, что может привести к убытку в размере 101,25 тыс. руб., если X подготовится к сделке, а Y откажется от нее.

Для выявления средней цены покупки необходимых материалов у третьих лиц было проанализировано 19 наиболее подходящих предприятий. В итоге средняя цена составляет 5302 тыс. руб. Следовательно, прибыль от взаимодействия с третьими лицами, согласно выбранной стратегии, составит в среднем 9340,5 тыс. руб., что ниже, чем при взаимодействии с Y . Хотя выигрыш и незначительно ниже, чем при межкорпоративном взаимодействии, имеется значительный риск сокращения эффекта вследствие более дорогой покупки, но и возможность приобрести товар по более низким ценам.

Так, был произведен расчет вероятности покупки товаров по той или иной цене. Наименьшая цена составляет 4585 тыс. руб., однако шанс приобрести товар по такой цене составляет лишь 10 %. В то же время вероятность приобрести товар по цене 5625 тыс. руб. составляет 30 %. Следовательно, предприятию не стоит идти на такой риск

На основе полученных расчетов получаем матрицу для X :

$$X = \begin{pmatrix} 9642,5 & -101,25 & -101,25 \\ 0 & 0 & 0 \\ 9340,5 & 9340,5 & 9340,5 \end{pmatrix} \quad (7)$$

Максимальный выигрыш заключается в использовании получаемой продукции в хозяйственной деятельности с целью извлечения дополнительной эффективности. Приобретение продукции за 5000 тыс. руб. у Y принесет предприятию прибыль в размере 9642,5 тыс. руб.

Таким образом, максимальный выигрыш для предприятия X будет достигнут при взаимодействии с Y . Однако возможно и взаимодействовать с третьими лицами в случае возникновения проблем между компаниями. Тем не менее при проведении закупок у третьих лиц по более высоким ценам итоговая эффективность будет снижена. В случае ухудшения отношений между предприятиями имеется возможность найти нового поставщика [16].

2. Расчет выигрыша Y от приобретения товаров.

В случае реализации своей продукции предприятие получит 5000 тыс. руб., реализация которого принесет дополнительный доход. Для определения выигрыша предлагается проанализировать три стратегии предприятия Y , которые доступны к реализации. На основе доступной информации по каждой стратегии имеется возможность определить шанс полученного выигрыша. В данном случае приближенные значения выигрышей сгруппированы на определенные вероятности: 10 %; 15 %; 15 %; 15 %; 20 %; 25 %.

Матрица выигрыша Y представлена в табл. 6.

Таблица 6

Матрица выигрыша Y от взаимодействия, тыс. руб.

Стратегия	Ситуация					
	10 %	15 %	15 %	15 %	20 %	25 %
1	8810	8915	5685	9330	8075	6730
2	5380	6455	8510	9395	7650	6375
3	9345	8690	9790	6875	6765	7920

Рассчитанный эффект от имеющихся стратегий, следующий:

$$1. 8810 \times 0,1 + 8915 \times 0,15 + 5685 \times 0,15 + 9330 \times 0,15 + 8075 \times 0,2 + 6730 \times 0,25 = 7768.$$

$$2. 5380 \times 0,1 + 6455 \times 0,15 + 8510 \times 0,15 + 9395 \times 0,15 + 7650 \times 0,2 + 6375 \times 0,25 = 7315,75.$$

$$3. 9345 \times 0,1 + 8690 \times 0,15 + 9790 \times 0,15 + 6875 \times 0,15 + 6765 \times 0,2 + 7920 \times 0,25 = 8070,75.$$

В данной ситуации Y на основе игры с природой предприятие примет к реализации третью стратегию как наиболее эффективную. В матрице данное значение отражает эффективность, полученную в случае решения о взаимодействии предприятий между собой.

В случае возникновения проблем со сделкой со стороны X у предприятия Y возникает убыток, связанный с транзакционными издержками. Вероятность убытка, который придется понести предприятию в случае выбора одного из двух альтернативных действий, следующая: 10 %; 15 %; 15 %; 15 %; 20 %; 25 %. Сумма издержек представлена в виде в табл. 7.

Таблица 7

Матрица потенциальных транзакционных издержек Y , тыс. руб.

Стратегия	Ситуация					
	10 %	15 %	15 %	15 %	20 %	25 %
1	65	65	65	70	70	50
2	65	100	80	95	70	50

Расчет потенциальных транзакционных издержек:

$$1. 65 \times 0,1 + 65 \times 0,15 + 65 \times 0,15 + 70 \times 0,15 + 70 \times 0,2 + 50 \times 0,25 = 63.$$

$$2. 65 \times 0,1 + 100 \times 0,15 + 80 \times 0,15 + 95 \times 0,15 + 70 \times 0,2 + 50 \times 0,25 = 74,25.$$

Предприятие Y примет к реализации первый вариант реализации своих действий как наименее затратный, что может привести к убытку в размере 63 тыс. руб., если X откажется от сделки.

Средняя цена продажи была выявлена на основе анализа 31 потенциального покупателя и равна 5033,25 тыс. руб. Тогда как полученная прибыль в случае взаимодействия с третьими лицами составит в среднем 8104 тыс. руб., что выше, чем при взаимодействии с X . Однако в данном случае следует оценить риск и эффект «кооперации», описанный ранее. Хотя выигрыш и выше, чем при осуществлении взаимодействия, сумма его ненамного превышает уровень взаимодействия. Тем не менее имеется риск сокращения эффекта вследствие более дешевой продажи материалов. В то же время у предприятий имеется устойчивая связь, уход от которой может привести к негативным экономическим последствиям. Следовательно, предприятию Y не стоит идти на такой риск.

Действия Y диктуются через матрицу:

$$Y = \begin{pmatrix} 8070,75 & -63 & -63 \\ -90,14 & -90,14 & -90,14 \\ 8104 & 8104 & 8104 \end{pmatrix} \quad (8)$$

Максимальный выигрыш заключается в использовании получаемых ресурсов по назначению согласно действующей финансовой стратегии. При получении 5000 тыс. руб. от X предприятие Y сможет получить эффект в размере 8070,75 тыс. руб. Тем не менее имеется возможность продать продукции третьим лицам по цене 5033,25 тыс. руб.,

что принесет эффект в размере 8104 тыс. руб. К данной ситуации следует прибегать в случае ухудшения отношений с X вследствие возникновения конфликтных ситуаций и потери эффекта «кооперации».

Таким образом, максимальный выигрыш для Y будет достигаться при взаимодействии с третьими лицами. Однако разница между взаимодействием с X незначительная и имеется возможность пойти на уступки. В то же время при взаимодействии с третьими лицами может наблюдаться серьезный риск, так что предприятие может не найти покупателей по заданной цене.

На основе биматричной игры получаем итоговую табл. 8, где наибольший выигрыш рассчитывается путем определения равновесия Нэша.

Таблица 8

Биматричная игра взаимодействия X и Y , тыс. руб.

		Y		
		A	B	C
X	A	(9642,5; 8070,75)	(-101,25; -63)	(-101,25; -63)
	B	(0; -90,14)	(0; -90,14)	(0; -90,14)
	C	(9340,5; 8104)	(9340,5; 8104)	(9340,5; 8104)

Примечание:

- стратегия A — взаимодействовать;
- стратегия B — не взаимодействовать;
- стратегия C — взаимодействовать с третьими лицами.

Для Y разница между эффективностью от предоставления товара X и третьим лицам равняется 33,25 тыс. руб. (8104 – 8070,75). Тогда как у предприятия X с предприятием Y имеется устойчивая связь, следовательно, оно может пойти на уступки. Тем более что при взаимодействии для предприятия X выгода будет на 302 тыс. руб. (9642,5 – 9340,5) больше, чем при взаимодействии с третьими лицами. Таким образом, имеется большой запас уступок финансовой стратегии.

Таким образом, наивысшие результаты при наименьшем риске будут достигнуты при взаимодействии предприятий друг с другом. Данный факт был подтвержден на основе апробации разработанной методики адаптации теоретико-игровых критериев к формированию стратегии.

Выводы и заключения

Высокий уровень неоднородности экономического пространства является особенностью современной российской экономики. В то же время многие предприятия пытаются изыскать способы повышения конкурентоспособности для своего социально-экономического развития. На региональном уровне обеспечение эффективного сотрудничества между бизнес-субъектами является необходимым элементом устойчивого развития территории [17]. Если говорить о стратегических перспективах развития субъектов, то не-

обходимо учесть возможность генерирования денежных потоков и их перераспределения в определенные периоды времени. В вариантах сотрудничества сценарии должны учитывать получения взаимной выгоды от перераспределения финансовых и инвестиционных ресурсов [2]. Корпоративный менеджмент в сложившихся экономических условиях должен изыскать способы оптимизации производства и управления, для чего можно применять математические методы. На основе экономико-математического моделирования предлагается выявлять основные точки соприкосновения финансовых стратегий отдельных компаний и сформировать пути повышения долгосрочной экономической безопасности предпринимательского сектора [3, 4].

Однако на практике многие российские предприятия не стремятся внедрять долгосрочные экономические стратегии и не учитывают возможность межкорпоративного взаимодействия. В таких условиях затрудняется развитие отечественной промышленности и усиливается негативное воздействие любых непредвиденных обстоятельств, а также таких макроэкономических факторов, как экономическая неустойчивость, инфляция, санкции, напряженная конкуренция и т. д., совокупность которых может пошатнуть финансовую стабильность каждого отдельного предприятия [7].

Инструменты теории игр помогают моделировать, анализировать и понимать поведение экономических агентов, которые могут взаимодействовать и сотрудничать при принятии управленческих решений. В частности, это мощный инструмент для анализа ситуаций, когда агенты стремятся максимизировать свои (ожидаемые) выплаты при выборе наиболее эффективных стратегий, а окончательные экономические эффекты каждого агента зависят от профиля стратегий, выбранных всеми агентами в рамках осуществления такого взаимодействия [11, 16].

Большинство бизнес-ситуаций можно смоделировать с помощью «игры», поскольку при любом деловом взаимодействии с участием двух или более участников выигрыши каждого отдельного участника зависят от действий других участников игры. Несмотря на серьезные ограничения применения теоретико-игровых подходов, в первую очередь связанные с необходимостью определения конечного числа доступных к принятию стратегий игроков и невозможностью выбрать наиболее оптимальную стратегию при их неопределенном количестве, данный инструмент может быть применен для получения полезной информации во многих приложениях бизнеса, в частности через использование равновесных моделей [5, 12].

В данной статье представлена возможность реализации модели сотрудничества между двумя субъектами на основе теоретико-игрового подхода. Использование такого метода позволяет рационализировать управленческие решения на основе аналитического анализа выгод и потерь при корпоративном взаимодействии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кошкарев М. В. Конкуренция и конкурентная политика в условиях кризиса // Финансовые рынки и банки. 2020. № 2. С. 11—14.
2. Дубаневич Л. Э., Дмитриев Н. Д. Генерирование базовых инвестиционных целей предприятия в стратегической перспективе // Вестник Сургут. гос. ун-та. 2020. № 1(27). С. 33—41.
3. Зайцев А. А., Дмитриев Н. Д. Математические методы в управлении промышленным производством // Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли : сб. тр. науч.-практ. конф. СПб., 2019. С. 208—212.
4. Дмитриев Н. Д. Application of a vector algebra for solving industrial problems // LINGUANET : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / Под общ. ред. Ю. А. Иванцовой, Н. С. Руденко. Севастополь, 2019. С. 209—211.

5. Дубина И. Н. Теоретико-игровые модели организации креативно-инновационной деятельности фирм : моногр. Барнаул : Изд-во АлтГУ, 2013. 178 с.
6. Горяшко А. П. Теория игр: от анализа к синтезу. Обзор результатов // *Cloud of science*. 2014. № 1. С. 112—154.
7. Бабакина Е. П., Обиремко С. И. Теория игр как один из эффективных инструментов стратегического мышления менеджеров // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2019. № 7-1(85). С. 98—101.
8. Гурова Т. И., Конев И. П. Некоторые аспекты применения теории игр в экономике // *Вестник РМАТ*. 2019. № 1. С. 38—43.
9. Моделирование промышленной политики на основе теоретико-игровой модели взаимодействия государства и бизнеса / В. В. Акбердина, А. В. Гребенкин, Г. Б. Коровин, А. И. Пономарева // *Журнал экономической теории*. 2018. № 4. С. 554—560.
10. Родионов Д. Г., Рудская И. А. Стратегическое управление финансами предприятия // *Российский экономический Интернет-журнал*. 2018. № 4. С. 95.
11. Демьянова О. В., Рашитова А. Р. Применение теории игр для принятия стратегических решений на примере Российской компании // *Финансовая аналитика: проблемы и решения*. 2016. № 33(315). С. 52—60.
12. Думанская Е. С., Чайковская И. И. Моделирование системы управления набором стратегических зон хозяйствования в промышленности путем применения аспектов теории игр // *Экономика и финансы (Украина)*. 2019. № 3. С. 21—36.
13. Самуэльсон Л. Теория игр в экономической науке и не только // *Вопросы экономики*. 2017. № 5. С. 89—115.
14. Дмитриев Н. Д., Зайцев А. А., Дубаневич Л. Э. Теоретико-игровые инструменты рационализации инвестиционного анализа на промышленных предприятиях // *Бизнес. Образование. Право*. 2020. № 2(51). С. 43—49.
15. Зайцев А. А., Михель Е. А., Дмитриев Н. Д. Использование теоретико-игрового подхода для формирования финансовой стратегии взаимодействия предприятий // *Бизнес. Образование. Право*. 2020. № 3. С. 81—67.
16. Баранов С. А., Казанцева Т. А., Тарасова И. А. Моделирование принятия решений в условиях рыночной конкуренции на основе теории игр // *Фундаментальные исследования*. 2016. № 1-1. С. 110—115.
17. Родионов Д. Г., Моисеева С. С. Методические подходы к оценке показателей конкурентоспособности социально-экономических систем // *Неделя науки СПбПУ : материалы науч.-практ. конф.* СПб., 2015. С. 45—47.

REFERENCES

1. Koshkarev M. V. Competition and competitive policy in a crisis. *Financial markets and banks*, 2020, no. 2, pp. 11—14. (In Russ.)
2. Dubanevich L. E., Dmitriev N. D. Generation of basic investment goals of an enterprise in a strategic perspective. *Bulletin of the Surgut State University*, 2020, no. 1(27), pp. 33—41. (In Russ.)
3. Zaytsev A. A., Dmitriev N. D. Use of mathematical methods for industrial production management. In: *Fundamental and applied research in management, economics and trade. Proceedings of the sci. and pract. conf.* Saint Petersburg, 2019. Pp. 208—212. (In Russ.)
4. Dmitriev N. D. Application of a vector algebra for solving industrial problems. In: *LINGUANET. Coll. of materials of the all-Russia sci. and pract. conf. with international participation*. Under general editorship of Yu. A. Ivantsova, N. S. Rudenko. Sevastopol, 2019. Pp. 209—211. (In Russ.)
5. Dubina I. N. *Game-theoretic models of arranging creative and innovative activity of the firms. Monograph*. Barnaul, Publ. House of Altai State University, 2013. 178 p. (In Russ.)
6. Goryashko A. P. Game theory: from analysis to synthesis. Review of results. *Cloud of science*, 2014, no. 1, pp. 112—154. (In Russ.)
7. Babakina E. P., Obiremkov S. I. Game theory as one of the most effective tools of strategic thinking of managers. *International research journal*, 2019, no. 7-1(85), pp. 98—101. (In Russ.)
8. Gurova T. I., Konev I. P. Some aspects of application of the game theory in economics. *Bulletin of RMAТ*, 2019, no. 1, pp. 38—43. (In Russ.)
9. Akberdina V. V., Grebenkin A. V., Korovin G. B., Ponomareva A. I. Modeling of industrial policy based on the game-theoretic model of interaction between the state and business. *Journal of economic theory*, 2018, no. 4, pp. 554—560. (In Russ.)
10. Rodionov D. G., Rudskaya I. A. Strategic management of the enterprise finances. *Russian economic online magazine*, 2018, no. 4, pp. 95.
11. Demyanova O. V., Rashitova A. R. Application of the game theory for making strategic decisions on the example of a Russian company. *Financial analytics: problems and solutions*, 2016, no. 33(315), pp. 52—60. (In Russ.)
12. Dumanskaya E. S., Chaykovskaya I. I. Modeling of the management system of a set of strategic economic zones in the industry by applying the aspects of the game theory. *Economics and Finance (Ukraine)*, 2019, no. 3, pp. 21—36. (In Russ.)
13. Samuelson L. Game theory in the science of economics and beyond. *Economic issue*, 2017, no. 5, pp. 89—115. (In Russ.)
14. Dmitriev N. D., Zaytsev A. A., Dubanevich L. E. Game-theoretic tools of investment analysis rationalization at industrial enterprises. *Business. Education. Law*, 2020, no. 2, pp. 43—49. (In Russ.)
15. Zaysev A. A., Mikhel E. A., Dmitriev N. D. Use of the game-theoretic approach for development of financial strategy of interaction of enterprises. *Business. Education. Law*, 2020, no. 3, pp. 81—67. (In Russ.)
16. Baranov S. A., Kazantseva T. A., Tarasova I. A. Modeling of decision-making in the market competition conditions based on the game theory. *Fundamental research*, 2016, no. 1-1, pp. 110—115. (In Russ.)
17. Rodionov D. G., Moiseeva S. S. Methodical approaches to assessing the competitiveness indicators of the socio-economic systems. In: *Science week of SPbSPU. Proceedings of the sci. and pract. conf.* Saint Petersburg, 2015. Pp. 45—47. (In Russ.)

Как цитировать статью: Михель Е. А., Зайцев А. А., Родионов Д. Г. Построение теоретико-игровой модели взаимодействия промышленных предприятий // *Бизнес. Образование. Право*. 2020. № 4 (53). С. 94—101. DOI: 10.25683/VOLBI.2020.53.459

For citation: Mikhel E. A., Zaytsev A. A., Rodionov D. G. Building a game-theoretic model of interaction of industrial enterprises. *Business. Education. Law*, 2020, no. 4, pp. 94—101. DOI: 10.25683/VOLBI.2020.53.459.