

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

SOCIO-ECONOMIC FORECASTING AND MODELLING

Оригинальная статья / Original article

УДК 338.45

<https://doi.org/10.21869/2223-1552-2025-15-5-180-191>



Моделирование отношений субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе с применением аппарата теории игр

Д. В. Буньковский^{1,2}✉

¹ Восточно-Сибирский институт Министерства внутренних дел Российской Федерации
ул. Лермонтова, д. 110, г. Иркутск 664074, Российская Федерация

² Байкальский государственный университет
ул. Ленина, д. 11., г. Иркутск 664003, Российская Федерация

✉ e-mail: bdv611@yandex.ru

Резюме

Актуальность. Современная деятельность субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе предполагает разностороннее развитие различных форм их отношений как между собой, так и с широким кругом смежных структур. Данные отношения в значительной степени определяют интенсивность и направления развития как самих субъектов предпринимательства, так и особенности эволюции отрасли в целом.

Цель работы – осмысливание проблем и моделирование отношений субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе.

Задачи: изучить современные направления развития отношений субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе; рассмотреть возможность применения аппарата теории игр в моделировании отношений отраслевых субъектов предпринимательства; осуществить экономико-математическое моделирование отношений субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе.

Методология. При проведении исследования были применены методы наблюдения, анализа, синтеза, обобщения, систематизации, гипотетико-дедуктивного рассуждения, методологические аппараты теории игр и экономико-математического моделирования.

Результаты. Представлено краткое описание результатов исследования отношений субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе. На основе изучения практики отношений отраслевых субъектов предпринимательства выделены современные направления развития их взаимодействия. Разработана концептуальная экономико-математическая модель принятия решения о взаимодействии субъектами предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе на основе применением аппарата теории игр, в которой рассматривается возможность и целесообразность формирования коалиций между отраслевыми субъектами предпринимательства с целью достижения общих экономических эффектов.

Выводы. Предложенная модель может быть применена при анализе, оценке и прогнозировании отношений между субъектами предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе. Описанные в работе причинно-следственные связи должны учитываться при формировании и реализации политики регулирования нефтегазохимического комплекса.

Ключевые слова: предпринимательство; нефтегазохимический комплекс; взаимодействие субъектов предпринимательства; принятие решений; модель взаимодействия.

© Буньковский Д. В., 2025

Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент /
Proceedings of the Southwest State University. Series: Economics, Sociology and Management. 2025;15(5):180–191

Конфликт интересов: В представленной публикации отсутствует заимствованный материал без ссылок на автора и (или) источник заимствования, нет результатов научных работ, выполненных автором публикации лично и (или) в соавторстве, без соответствующих ссылок. Автор декларирует отсутствие конфликта интересов, связанных с публикацией данной статьи.

Для цитирования: Буньковский Д. В. Моделирование отношений субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе с применением аппарата теории игр // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2025. Т. 15, № 5. С. 180–191. <https://doi.org/10.21869/2223-1552-2025-15-5-180-191>

Поступила в редакцию 18.08.2025

Принята к публикации 17.09.2025

Опубликована 31.10.2025

Modeling the relationships of business entities in the petrochemical complex using game theory

Dmitry V. Bunkovsky^{1,2}✉

¹ East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russian Federation
110 Lermontov Str., Irkutsk 664074, Russian Federation

² Baikal State University
11 Lenin Str., Irkutsk 664003, Russian Federation

✉ e-mail: bdv611@yandex.ru

Abstract

Relevance. The modern activities of entrepreneurs in the petrochemical complex involve the diversified development of various forms of their relationships both among themselves and with a wide range of related structures. These relationships largely determine the intensity and directions of development of both the entrepreneurs themselves and the specific features of the evolution of the industry as a whole.

The purpose of the work is to understand the problems and model the relationships of entrepreneurs in the petrochemical complex.

Objectives: to study modern trends in the development of relations between business entities in the petrochemical complex; to consider the possibility of using the game theory apparatus in modeling the relations of industry business entities; to carry out economic and mathematical modeling of relations between business entities in the petrochemical complex

Methodology. The study used the methods of observation, analysis, synthesis, generalization, systematization, hypothetical-deductive reasoning, the methodological apparatus of game theory and economic and mathematical modeling.

Results. A brief description of the results of the study of relations between business entities in the petrochemical complex is presented. Based on the study of the practice of relations between industry business entities, modern directions for the development of their interaction are identified. A conceptual economic and mathematical model of decision-making on interaction between business entities in the petrochemical complex has been developed based on the application of the game theory apparatus, which considers the possibility and feasibility of forming coalitions between industry business entities in order to achieve common economic effects.

Conclusions. The proposed model can be applied in the analysis, assessment and forecasting of relations between business entities in the petrochemical complex. The cause-and-effect relationships described in the work should be taken into account in the formation and implementation of the policy for regulating the petrochemical complex.

Keywords: entrepreneurship; petrochemical complex; interaction of business entities; decision-making; interaction model.

Conflict of interest: In the presented publication there is no borrowed material without references to the author and (or) source of borrowing, there are no results of scientific works performed by the authors of the publication, personally and (or) in co-authorship, without relevant links. The authors declares no conflict of interest related to the publication of this article.

For citation: Bunkovsky D.V. Modeling the relationships of business entities in the petrochemical complex using game theory. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Серия: Экономика. Сотиология. Менеджмент = Proceedings of the Southwest State University. Series: Economics, Sociology and Management.* 2025;15(5):180–191. (In Russ.) <https://doi.org/10.21869/2223-1552-2025-15-5-180-191>

Received 18.08.2025

Accepted 17.09.2025

Published 31.10.2025

Введение

Отношения субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе характеризуются высокой сложностью и возможным образованием различного рода взаимозависимостей, обусловленных технологическими, экономическими, экологическими, политическими и другими факторами. Каждый этап цепочки создания стоимости в отрасли требует специфических технологий и оборудования, перерабатывающие и химические производства зависят от поставок добывающих предприятий углеводородного сырья и от рынков сбыта продукции, совместные исследования и обмен технологиями позволяют повышать эффективность производства в комплексе. Выстраивание отношений с зарубежными партнерами способствует наращиванию экспорта продукции; взаимодействие с транспортными и сервисными компаниями, специализированными субъектами малого и среднего предпринимательства обеспечивает формирование и развитие необходимой инфраструктуры, сотрудничество с научно-исследовательскими учреждениями и машиностроительными предприятиями способствует совершенствованию используемых техники и технологий. Взаимодействие с финансово-кредитными учреждениями открывает возможности реализации крупных инвестиционных проектов, отношения с органами государственной власти обеспечивают разрешение вопросов выбора приоритетов развития, лицензирования, налогообложения, субсидирования, установления экологических норм и контроля соблюдения законодательства, сотрудничество с общественными и другими организациями способствует разрешению социальных и экологических проблем, сокращению аварийности и ответственному отношению к развитию местных сообществ.

Формирование разного рода механизмов и систем отношений субъектов предпринимательства можно считать

перспективной тенденцией в нефтегазохимическом комплексе. Например, в качестве одного из инструментов российской Стратегии развития химического и нефтехимического комплекса на период до 2030 года предложено взаимодействие субъектов предпринимательства в форме кластера¹. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года также указывает на то, что в управлении развитием нефтегазохимических производств будет использоваться кластерная концепция².

Материалы и методы

В процессе исследования практики отношений субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе применены такие методы, как наблюдение, анализ, синтез, обобщение, систематизация и гипотетико-дедуктивное рассуждение. Для представления отношений и деятельности отраслевых субъектов предпринимательства использованы методологические аппараты теории игр и экономико-математического моделирования.

Различные вопросы системного взаимодействия субъектов предпринимательства затрагиваются в трудах таких исследователей, как И. В. Зайцева [1], В. В. Глухов [2], А. А. Ермакова [3], А. Зайцев [4], А. А. Куликов [5], Ю. Г. Лесных

¹ Об утверждении Стратегии развития химического и нефтехимического комплекса на период до 2030 года: приказ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации и Министерства энергетики РФ от 8 апреля 2014 г. № 651/172 (с изменениями и дополнениями). URL: <https://base.garant.ru/70851478/?ysclid=mhg98sp976754196564> (дата обращения: 28.07.2025).

² Об Энергетической стратегии РФ на период до 2035 г.: распоряжение Правительства Российской Федерации от 09.06.2020 г. № 1523-р // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74148810/?ysclid=mhg9eep0y7870306553> (дата обращения: 28.07.2025).

[6], Е. А. Мосакова [7], Н. Г. Остроухова [8], А. В. Порейкин [9], Ф. Ф. Юрлов [10] и др. Проблематика развития экономики нефтегазохимического комплекса рассматривается в исследованиях Й. Адеба-йо [11], Р. Х. Байрамгазиева [12], И. К. Будниковой [13], В. Г. Игнатьева [14], З. Н. Идрисовой [15], А. Качелина [16], И. Р. Муртазиной [17], Н. К. Савельев-вой [18], А. А. Сайтовой [19], Ф. А. Шка-ховой [20] и др.

Результаты и их обсуждение

Сегодня нефтегазохимический комплекс переживает период трансформации, определяемый глобальными тенденциями, такими как цифровизация, декарбонизация, изменение потребительских предпочтений, ужесточение требований к безопасности и экологичности производства. Это обуславливает возникновение новых целей и особенностей взаимодействия отраслевых субъектов предпринимательства, ориентированных на повышение уровней эффективности, конкурентоспособности и устойчивости отрасли. В ходе исследования практики отношений субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе выделены современные направления развития их взаимодействия:

1. Автоматизация и цифровизация; автоматизация и роботизация производства, использование больших данных (Big Data), машинного обучения, промышленного Интернета вещей (ПоТ), облачных вычислений, цифровых двойников и искусственного интеллекта на всех звеньях цепочки создания стоимости (от геологоразведки до сбыта химической продукции), повышая эффективность, способствуют интенсификации интеграционных процессов между соответствующими производствами. Применение технологий блокчейн и цифровых платформ обеспечивает упрощение и развитие коммуникаций между отраслевыми субъектами предпринимательства. Например, компания «Газпром нефть» первой в рос-

сийской практике разработала и осваивает цифровую экосистему для сотрудничества субъектов предпринимательства, оказывающих нефтесервисные услуги и их заказчиков.

2. Энергетический переход и декарбонизация; совместная реализация субъектами предпринимательства мероприятий по повышению энергетической эффективности на всех звеньях цепочки создания стоимости, включая создание и внедрение энергосберегающего оборудования, оптимизацию логистики и минимизацию потерь энергии; осуществление разработки и внедрения технологий улавливания и хранения углекислого газа, выделяемого при сжигании ископаемого топлива; исследование перспектив и осуществление проектов по выработке возобновляемой энергии, производства водорода и других видов низкоуглеродных топлив, изготовления водорода из природного газа с улавливанием углекислого газа (голубого водорода) или с использованием возобновляемых источников энергии (зеленого водорода), проектов использования отходов и биомассы для производства биотоплива и биоматериалов, заменяющих традиционные нефтегазохимические и химические продукты. Так, госкорпорация «Росатом» и компания «Газпром нефть» осуществляют совместный проект Евроазиатского контейнерного транзита, который предполагает декарбонизацию судоходства на стратегических транспортных маршрутах в Арктике путем бункеровки флота судовым топливом с низким углеродным следом.

3. Повышение уровней глубины переработки и комплексности использования углеводородных ресурсов и расширение ассортимента продукции; развитие взаимодействия нефтегазоперерабатывающих и нефтегазохимических производств с субъектами предпринимательства из других отраслей национальной экономики (строительства, машиностроения, сельского хозяйства, легкой промышленности, медицины и др.) в целях

создания новых видов материалов, продукции и расширения рынков сбыта; реализация проектов использования альтернативного сырья (попутного нефтяного газа, газового конденсата, этана и др.) для производства нефтегазохимической продукции; частичный переход от производства массовых нефтегазохимических продуктов (например, полиэтилена, полипропилена и др.) к изготовлению специализированной продукции с высокой добавленной стоимостью (например, химических добавок, инженерных пластиков, композитных материалов и др.). Например, в рамках взаимодействия проектного института «Ленгипронефтехим» с предприятием «Новошахтинский завод нефтепродуктов» (НЗНП) осуществляется повышение глубины нефтепереработки путем проектирования и строительства новых перерабатывающих мощностей на НЗНП, в т. ч. комплекса гидрокрекинга с интеграцией в него установки производства водорода.

4. Устойчивое развитие и ESG-принципы (Environmental – экологические, Social – социальные, Governance – управленческие); совместное осуществление субъектами предпринимательства проектов по сокращению выбросов в атмосферу и сбросов в водные объекты загрязняющих веществ (построение закрытых систем, очистка сточных вод и др.), переработке и утилизации отходов производства (нефтешламов, пластика и др.), разработке эффективных технологий использования или утилизации попутного нефтяного газа; развитие ответственного отношения к местным сообществам и учет их интересов при реализации проектов, совместная поддержка социальных проектов и программ, совершенствования инфраструктуры, обнародование и повышение прозрачности информации об экологических и социальных показателях деятельности. Примером взаимодействия субъектов предпринимательства в области устойчивого развития может быть реализация совместного проекта «Нижне-

камскнефтехим» и «Сибур Холдинг» по сбору использованной пластиковой и алюминиевой упаковки для вторичной переработки и изготовления гранулированного полиэтилентерефталата и потребительских товаров.

5. Создание и развитие новых организационных форм взаимодействия; образование отраслевых консорциумов в целях объединения усилий нескольких субъектов предпринимательства для реализации крупных предпринимательских проектов, требующих разносторонних компетенций и значительных инвестиций; развитие сетевых форм взаимодействия субъектов крупного и малого (среднего) предпринимательства в целях удовлетворения узкоспециализированных или уникальных потребностей и реализации сервисных услуг; совершенствование механизмов сотрудничества отраслевых субъектов предпринимательства с научно-исследовательскими и образовательными учреждениями в целях осуществления научных исследований и разработок, развития кадров; развитие систем государственно-частного партнерства при реализации проектов и программ, носящих стратегический характер. Так, в сентябре 2024 г. компания «Сибур» и «Сколковский институт науки и технологий» заключили договор о сотрудничестве в области климатических рисков и природообережения.

6. Глобализация и регионализация; расширение международного сотрудничества, участие отраслевых субъектов предпринимательства в международных проектах, обеспечение стабильности экспортно-импортных связей, привлечение зарубежных технологий и инвестиций; создание нефтегазохимических и межотраслевых территориально-производственных кластеров; совместная разработка стратегий развития производств нефтегазохимического комплекса с учетом региональной и местной специфики (доступности производственных ресурсов, состояния транспортной инфраструктуры,

нормативно-правовых и экологических ограничений, социальных условий и др.). Примером может быть функционирование «Нефтехимического территориально-го кластера Республики Башкортостан», созданного на базе научных, проектных, инжиниринговых и образовательных учреждений региона. Субъекты предпринимательства – участники кластера за период его существования смогли достичь передовых позиций по показателям глубины нефтепереработки и индекса Нельсона НПЗ.

В рамках исследования опыта взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе разработана концептуальная экономико-математическая модель принятия решения о взаимодействии отраслевыми субъектами предпринимательства. В данной модели по типу кооперативной игры рассматривается возможность и целесообразность формирования коалиций между отраслевыми субъектами предпринимательства с целью достижения общих экономических эффектов. Для анализа устойчивости коалиций и распределения полученных выгод между субъектами предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе используется концепция равновесия Нэша.

Основные предположения модели:

- субъекты предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе рациональны при принятии решений;
- существуют возможности заключения отраслевыми субъектами предпринимательства юридически обязывающих соглашений;
- субъекты предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе могут иметь цели максимизации коллективных эффектов деятельности;
- существует проблема распределения достигаемого отраслевыми субъектами предпринимательства эффекта деятельности.

Игроками (субъектами модели) являются субъекты предпринимательства в

нефтегазохимическом комплексе и смежных отраслях экономики, а также другие участники взаимодействия (научно-исследовательские, образовательные, финансово-кредитные учреждения, общественные организации, органы государственной власти и др.). Множество всех игроков – $N = \{1, 2, \dots, n\}$. Группа игроков, принявших решение взаимодействовать друг с другом, формирует коалицию $S (S \subseteq N)$. Большая коалиция включает в себя всех игроков (N). Индивидуальная рациональность предполагает, что участие в коалиции более выгодно, чем функционирование в одиночку.

Функция модели будет иметь следующее выражение:

$$v(S) = \sum (w_s \cdot P_i + w_c \cdot Y_i) + O_T(S) + E_M(S) \quad \forall i \in S, \quad (1)$$

где $v(S)$ – характеристическая функция, определяющая выигрыш коалиции S (максимальный выигрыш, которого данная коалиция может достигнуть, независимо от действий остальных игроков); P_i – экономический эффект (прибыль) i -го участника взаимодействия; Y_i – оценка социального эффекта i -го участника взаимодействия; w_s – весовой коэффициент, характеризующий относительную важность экономического эффекта ($0 < w_s < 1$); w_c – весовой коэффициент, характеризующий относительную важность социального эффекта ($0 < w_c < 1$; $w_s + w_c = 1$); $O_T(S)$ – функция, характеризующая увеличение выигрыша за счет объединения ресурсов, компетенций и совместных инноваций (величина синергии) в коалиции S ; $E_M(S)$ – функция, характеризующая размер экономии на основе экономического эффекта масштаба в коалиции S .

Для установления w_s и w_c , а также вычисления Y_i возможно использование экспертных методов. При этом могут быть определены как количественные (величина снижения отходов производства и выбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду, число созданных рабочих мест, объем финанси-

рования социальных и экологических проектов и программ на территории деятельности и др.), так и качественные показатели (повышение уровня социальной защиты работников, улучшение условий труда, рост удовлетворенности местного населения, улучшение репутации субъекта предпринимательства и др.). $O_T(S)$ и $E_M(S)$ оцениваются на основе комплексного анализа динамики издержек и доходов субъектов предпринимательства, а также их рыночных долей и других факторов.

При распределении выигрыша между участниками взаимодействия в коалиции могут быть использованы принципы решения Шепли, торга Нэша, ядра. В соответствии с решением Шепли распределение выигрыша осуществляется пропорционально среднему вкладу каждого игрока во все возможные коалиции. Решение Нэша (торг) заключается в распределении максимизирующем произведение индивидуальных выигрышей игроков по сравнению с их выигрышами в случае отказа от взаимодействия (точки разногласия). Принцип ядра предполагает множество эффективных распределений, при которых ни одна коалиция не будет заинтересована в выходе из большой коалиции и действуя самостоятельно достижении своего гарантированного выигрыша $v(S)$.

По решению Шепли выигрыш для каждого участника взаимодействия будет иметь следующее выражение:

$$\varphi_i(v) = \sum [(|S|! (n - |S| - 1)!) / n!] \times \\ \times [v(S \cup \{i\}) - v(S)] \quad \forall S \subseteq N, i \notin S, \quad (2)$$

где $\varphi_i(v)$ – выигрыш i -го участника взаимодействия; $|S|$ – количество участников взаимодействия в коалиции S ; n – общее количество участников взаимодействия; $[v(S \cup \{i\}) - v(S)]$ – предельный вклад i -го участника взаимодействия в коалицию S .

Условие индивидуальной рациональности состоит в том, что выигрыш каждого участника взаимодействия должен быть не меньше, чем выигрыш при функционировании в одиночку:

$$\varphi_i(v) \geq v(\{i\}) \quad \forall i \in N. \quad (3)$$

Условие полного распределения выигрыша предполагает, что сумма выигрышей всех участников взаимодействия должна быть равна выигрышу большой коалиции:

$$\sum \varphi_i(v) = v(N) \quad \forall i \in N. \quad (4)$$

При вычислении решения Шепли необходимо расчет вклада каждого участника взаимодействия во все возможные коалиции, что может вызвать некоторую сложность при моделировании взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе и потребовать значительных вычислительных ресурсов.

Решение Нэша (торг) рассматривает вектор распределения x , который максимизирует следующую функцию:

$$\max \prod (x_i - d_i) \quad \forall i \in N, \quad (5)$$

где x_i – выигрыш i -го участника взаимодействия; $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вектор распределения выигрыша; d_i – выигрыш i -го участника взаимодействия в случае отказа от взаимодействия (обычно $d_i = v(\{i\})$).

Для упрощения вычислений максимизация произведения приростов выигрыша может быть заменена на максимизацию логарифма произведения приростов:

$$\max \sum \ln(x_i - d_i) \quad \forall i \in N. \quad (6)$$

Точка разногласия имеет следующее выражение:

$$d = (d_1, d_2, \dots, d_n). \quad (7)$$

В целях решения задачи оптимизации следует использовать метод множителей Лагранжа и определить соответствующую функцию:

$$L(x, \lambda) = \sum \ln(x_i - d_i) + \lambda \times \\ \times [v(N) - \sum x_i] \quad \forall i \in N, \quad (8)$$

где λ – множитель Лагранжа.

Для нахождения максимума необходимо частные производные от функции Лагранжа по x_i и λ приравнять их к нулю:

$$\begin{cases} \partial L / \partial x_i = 1/(x_i - d_i) - \lambda = 0 \quad \forall i \in N, \\ \partial L / \partial \lambda = v(N) - \sum x_i = 0. \end{cases} \quad (9)$$

После решения системы уравнений (9) получаем выражение

$$\lambda = n/[v(N) - \Sigma d_i]. \quad (10)$$

Выражение выигрыша для каждого участника взаимодействия будет иметь следующий вид:

$$x_i = d_i + [v(N) - \Sigma d_i]/n \quad \forall i \in N, \quad (11)$$

где $[v(N) - \Sigma d_i]$ – общий прирост выигрыша от взаимодействия.

Условие индивидуальной рациональности:

$$x_i \geq v(i) \quad \forall i \in N. \quad (12)$$

Условие полного распределения выигрыша:

$$\Sigma x_i = v(N). \quad (13)$$

Особенностью решения Нэша является рассмотрение точки разногласия, т. е. учет выигрышей, которые участники взаимодействия могут достичь без осуществления взаимодействия. Это позволяет с определенной глубиной оценить вклад каждого участника взаимодействия и избежать возможно несправедливого деления выигрыша большой коалиции поровну. Однако при условии одинаковых функций выигрыша и одинаковых точек разногласия участников взаимодействия в решении Нэша выигрыш большой коалиции будет делиться поровну. Применение принципа решения Нэша (торга) в моделировании взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе можно считать относительно несложным. Но следует учитывать, что данный принцип предполагает, что вся информация об участниках взаимодействия и их функции выигрыша известны, а в условиях неопределенности или асимметрии информации результаты моделирования быть искажены.

По принципу ядра рассматривается множество векторов распределения выигрыша:

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (14)$$

Условие коалиционной рациональности предполагает, что сумма выигрышей участников взаимодействия любой коалиции S должна быть не меньше, чем выигрыш этой коалиции, если бы она функционировала самостоятельно:

$$\Sigma x_i \geq v(S) \quad \forall S \subseteq N. \quad (15)$$

Условие индивидуальной рациональности:

$$x_i \geq v(i) \quad \forall i \in N. \quad (16)$$

Условие полного распределения выигрыша:

$$\Sigma x_i = v(N) \quad \forall i \in N. \quad (17)$$

Устойчивость коалиции предполагает, что ни один участник взаимодействия не должен иметь стимулов для выхода из коалиции и формирования новой. Уровень устойчивости коалиции определяется особенностями распределения выигрыша, наличием и широтой альтернативных возможностей взаимодействия, степенью взаимного доверия участников взаимодействия.

При взаимодействии нефтегазовой компании, осуществляющей добычу углеводородных ресурсов, транспортной организации и независимого нефтеперерабатывающего завода распределение выигрыша по принципу ядра будет иметь следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} x = (x_D, x_T, x_P), \\ x_D + x_T + x_P = v(\{\Delta, T, P\}), \\ x_D + x_T \geq v(\{\Delta, T\}), \\ x_D + x_P \geq v(\{\Delta, P\}), \\ x_T + x_P \geq v(\{T, P\}), \\ x_D \geq v(\{\Delta\}), \\ x_T \geq v(\{T\}), \\ x_P \geq v(\{P\}), \end{array} \right. \quad (18)$$

где $v(\{\Delta\})$, $v(\{T\})$, $v(\{P\})$ – индивидуальные выигрыши соответственно добывающей компании, транспортной организации, нефтеперерабатывающего завода; $v(\{\Delta, T\})$, $v(\{\Delta, P\})$, $v(\{T, P\})$ – выигрыши при попарном взаимодействии;

$v(\{D, T, P\})$ – выигрыш при формировании вертикально интегрированной цепочки создания стоимости.

Следует отметить, что система уравнений будет включать в себя по одному неравенству для каждой возможной коалиции, т. е. 2^n неравенств. При значительном количестве взаимодействующих субъектов предпринимательства это существенно осложняет применение принципа ядра. Кроме того, возможны ситуации, когда такого распределения выигрыша, которое бы удовлетворяло всем условиям коалиционной рациональности, может не существовать (пустое ядро). В таких ситуациях большая коалиция оказывается неустойчивой, и некоторые участники взаимодействия могут быть заинтересованы в выходе из нее.

В решении как по принципу Шепли, так и по принципу торга Нэша или ядра на выигрыш отдельного участника взаимодействия могут быть наложены определенные ограничения, например минимальный размер выигрыша, определяемый точкой безубыточности субъекта предпринимательства.

В зависимости от конкретного случая моделирования для реализации представленной модели задача нахождения распределения выигрыша между участниками взаимодействия может быть сформулирована как задача линейного программирования. Для сложных случаев с большим числом участников взаимодействия, нелинейной характеристической функцией и увеличением количества ограничений могут быть применены численные методы.

Представленная модель предполагает возможность некоторых модификаций и включения нелинейной функции полезности для участников взаимодействия в целях углубленного представления их предпочтений и отношения к риску, а также использования весовых коэффициентов для участников взаимодействия в целях отражения их взаимного влияния и вклада в общее дело. Кроме того, в моде-

ли могут быть детализированы производственные и логистические процессы с учетом экстерналий, осуществления трансферов между участниками и транзакционных издержек взаимодействия.

Многоаспектность исследуемых процессов и отношений обуславливает возможные трудности сбора и обработки исходной информации для моделирования, а также сложность подбора параметров модели. При этом сама модель требует некоторых упрощений и допущений, а при значительном количестве участников моделируемого взаимодействия требует объемных трудоемких вычислений. Кроме того, модель не может учитывать иррациональное поведение отраслевых субъектов предпринимательства и возможное несоблюдение ими юридически обязывающих соглашений. Для развития модели в нее могут быть включены элементы динамики рынков и изменений условий взаимодействия участников, представление процессов формирования и разрушения коалиций во времени, а также учет влияния нормативно-правового окружения.

Выводы

Разработанная концептуальная экономико-математическая модель принятия решений о взаимодействии субъектами предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе позволяет анализировать и оценивать возможности и эффекты отношений отраслевых субъектов. Применение модели дает возможность прогнозирования поведения субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе относительно друг друга в различных условиях с учетом особенностей формирования коалиций и распределения эффекта взаимодействия. Моделирование отношений субъектов предпринимательства обеспечивает возможность выявления ключевых факторов и результатов их развития. Представленная модель может быть использована при разработке эффективных

стратегий поведения отраслевых субъектов предпринимательства, а также в формировании инструментария государ-

ственного регулирования функционирования и развития нефтегазохимического комплекса.

Список литературы

1. Зайцева И. В., Литовка Н. И., Бондарь В. В. Теоретико-игровая модель конкурентного взаимодействия между экономическими агентами // Перспективы науки. 2023. № 8(167). С. 109-112.
2. Глухов В. В., Левенцов В. А. Экономико-математическая модель реляционной стратегии промышленного предприятия // π -Economy. 2022. № 2. С. 117-129.
3. Ermakova A. A. Economic and mathematical modeling during organization and conduct of business games // Contributions to Economics. 2017. N 9783319454610. P. 339-411.
4. Optimization of Interaction with Counterparties: Selection Game Algorithm under Uncertainty / A. Zaytsev, E. Mihel, N. Dmitriev, D. Alferyev, U. Laszlo // Mathematics. 2024. N 13. P. 2079.
5. Куликов А. А. Теоретико-игровой подход при взаимодействии корпоративного центра и дивизионов в компаниях с дивизиональной структурой // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. 2025. № 3(141). С. 223-230.
6. Лесных Ю. Г. Внедрение принципов модели спиральной динамики в управление «группой компаний» (на примере ГК СИЛТЭК) // Экономика и предпринимательство. 2023. № 1(150). С. 1211-1217.
7. Мосакова Е. А. Смарт-контракты как инновационная форма договоров в цифровой экономике // Россия и современный мир. 2021. № 2(111). С. 244-251.
8. Остроухова Н. Г. Проблемы выбора математических моделей баланса интересов стейкхолдеров в условиях цифровой трансформации нефтегазового комплекса России // Вестник Евразийской науки. 2024. Т.16, № 4. URL: <https://esj.today/PDF/64ECVN424.pdf> (дата обращения: 16.07.2025).
9. Порейкин А. В. Концептуальный подход к применению инструмента теории игр при взаимодействии подразделений холдинга // Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева. 2024. № 1(53). С. 150-161.
10. Юрлов Ф. Ф., Плеханова А. Ф., Яшин С. Н. Методика и основные этапы применения кооперативных игр в экономических исследованиях // Управление устойчивым развитием. 2022. № 4(41). С. 29-34.
11. Circular economy practices in the oil and gas industry: A business perspective on sustainable resource management / Y. Adebayo, A. H. Ikejuje, J. Kwakye, A. Esiri // GSC Advanced Research and Reviews. 2024. N 20. P. 267-285.
12. Байрамгазиев Р. Х., Газизов Ф. Ф., Гарипов А. Р. Дискретные модели экономической эффективности предприятия нефтегазовой отрасли // Управление образованием: теория и практика. 2023. № 1(59). С. 89-96.
13. Будникова И. К., Приймак Е. В. Моделирование спроса на продукцию нефтепереработки в условиях рынка // Вестник Технологического университета. 2022. № 4. С. 107-110.
14. Игнатьев В. Г. Анализ современного состояния теории и методологии исследования проблем нефтегазового комплекса России // Экономика и управление: проблемы, решения. 2023. № 6(138). С. 55-63.
15. Идрисова З. Н., Ситдиков А. Т. Инструментарий оценки и повышения эффективности деятельности нефтегазовых предприятий // Вестник БИСТ (Башкирского института социальных технологий). 2022. № 2(55). С. 77-86.
16. Качелин А. Обеспечение технологического суверенитета и структурной модернизации в нефтегазовом комплексе России // Энергетическая политика. 2024. № 3(194). С. 20-29.
17. Муртазина И. Р., Ваславская И. Ю. Тенденции развития государственно-частного партнерства в нефтегазовой отрасли // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2022. № 4. С. 59-64.

18. Савельева Н. К., Созинова А. А., Макарова М. В. Перспективы развития газовой промышленности в Российской Федерации в новых экономических условиях // Вестник Сургутского государственного университета. 2024. № 4. С. 104-111.
19. Сайтова А. А., Ильинский А. А., Фадеев А. М. Сценарии развития нефтегазовых компаний России в условиях международных экономических санкций и декарбонизации энергетики // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2022. № 3(77). С. 134-143.
20. Шкахова Ф. А., Дикинов А. Х., Яндиева М. С. Проблемы нефтегазового рынка Российской Федерации в условиях санкционного давления // Евразийский юридический журнал. 2023. № 6(181). С. 499-501.

References

1. Zaitseva I.V., Litovka N.I., Bondar V.V. Game-theoretic model of competitive interaction between economic agents. *Perspektivy nauki = Prospects of Science*. 2023;(8):109-112. (In Russ.)
2. Glukhov V.V., Leventsov V.A. Economic and mathematical model of the relational strategy of an industrial enterprise. *π-Economy*. 2022;(2):117-129. (In Russ.)
3. Ermakova A. A. Economic and mathematical modeling during organization and conduct of business games. *Contributions to Economics*. 2017;(9783319454610):339-411.
4. Zaytsev A., Mihel E., Dmitriev N., Alferyev D., Laszlo U. Optimization of Interaction with Counterparties: Selection Game Algorithm under Uncertainty. *Mathematics*. 2024;(13):2079.
5. Kulikov A.A. Game-theoretic approach to the interaction of the corporate center and divisions in companies with a divisional structure. *Vestnik Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G.V. Plekhanova = Bulletin of the Plekhanov Russian University of Economics*. 2025;3(141):223-230. (In Russ.)
6. Lesnykh Yu.G. Implementation of the principles of the spiral dynamics model in the management of a “group of companies” (on the example of SILTEK Group). *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Economy and Entrepreneurship*. 2023;(1):1211-1217. (In Russ.)
7. Mosakova E.A. Smart contracts as an innovative form of agreements in the digital economy. *Rossiya i sovremennyj mir = Russia and the Modern World*. 2021;(2):244-251. (In Russ.)
8. Ostroukhova N.G. Problems of choosing mathematical models for balancing stakeholder interests in the context of digital transformation of the oil and gas complex of Russia. *Vestnik Yevraziyskoy nauki = Bulletin of Eurasian Science*. 2024;16(4). (In Russ.) Available at: <https://esj.today/PDF/64ECVN424.pdf> (accessed 16.07.2025).
9. Porekykin A.V. Conceptual approach to the use of game theory tools in the interaction of holding divisions. *Vestnik Volzhskogo universiteta im. V.N. Tatishcheva = Bulletin of the Volga University named after V.N. Tatishchev*. 2024;(1):150-161. (In Russ.)
10. Yurlov F.F., Plekhanova A.F., Yashin S.N. Methodology and main stages of applying cooperative games in economic research. *Upravleniye ustoychivym razvitiyem = Sustainable Development Management*. 2022;(4):29-34. (In Russ.)
11. Adebayo Y., Ikejuje A.H., Kwakye J., Esiri A. Circular economy practices in the oil and gas industry: A business perspective on sustainable resource management. *GSC Advanced Research and Reviews*. 2024;(20):267-285.
12. Bayramgaziyev R.Kh., Gazizov F.F., Garipov A.R. Discrete models of economic efficiency of an enterprise in the oil and gas industry. *Upravleniye obrazovaniyem: teoriya i praktika = Education Management: Theory and Practice*. 2023;(1):89-96. (In Russ.)
13. Budnikova I.K., Priymak E.V. Modeling demand for oil refining products in market conditions. *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of the Technological University*. 2022;(4):107-110. (In Russ.)
14. Ignatiev V.G. Analysis of the current state of the theory and methodology for studying the problems of the oil and gas complex of Russia. *Ekonomika i upravleniye: problemy, resheniya = Economy and Management: Problems, Solutions*. 2023;(6):55-63. (In Russ.)

15. Idrisova Z.N., Situdikov A.T. Tools for assessing and improving the efficiency of oil and gas enterprises. *Vestnik BIST (Bashkirskogo instituta sotsial'nykh tekhnologiy) = Bulletin of BIST (Bashkir Institute of Social Technologies)*. 2022;(2):77-86. (In Russ.)
16. Kachelin A. Ensuring technological sovereignty and structural modernization in the oil and gas complex of Russia. *Energeticheskaya politika = Energy Policy*. 2024;(3):20-29. (In Russ.)
17. Murtazina I.R., Vasilavskaya I.Yu. Trends in the development of public-private partnerships in the oil and gas industry. *Sovremennaya nauka: aktual'nyye problemy teorii i praktiki. Seriya: Ekonomika i pravo = Modern Science: Current Problems of Theory and Practice. Series: Economics and Law*. 2022;(4):59-64. (In Russ.)
18. Savelyeva N.K., Sozinova A.A., Makarova M.V. Prospects for the development of the gas industry in the Russian Federation in the new economic conditions. *Vestnik Surgutskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Surgut State University*. 2024;(4):104-111. (In Russ.)
19. Saitova A.A., Ilyinsky A.A., Fadeev A.M. Development scenarios for russian oil and gas companies in the context of international economic sanctions and decarbonization of energy. *Sever i rynok: formirovaniye ekonomicheskogo poryadka = North and Market: Formation of Economic Order*. 2022;(3):134-143. (In Russ.)
20. Shkakhova F.A., Dikinov A.Kh., Yandieva M.S. Problems of the oil and gas market of the Russian Federation in the context of sanctions pressure. *Yevraziyskiy yuridicheskiy zhurnal = Eurasian Law Journal*. 2023;(6):499-501. (In Russ.)

Информация об авторе / Information about the Author

Буньковский Дмитрий Владимирович,
доктор экономических наук, доцент, Восточно-Сибирский институт Министерства внутренних дел Российской Федерации; Байкальский государственный университет,
г. Иркутск, Российская Федерация,
e-mail: bdv611@yandex.ru,
ORCID: 0000-0002-0673-9952

Dmitry V. Bunkovsky, Doctor of Sciences (Economics), Associate Professor, East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russian Federation; Baikal State University, Irkutsk, Russian Federation,
e-mail: bdv611@yandex.ru,
ORCID: 0000-0002-0673-9952