

УДК 338.45



Ресурсное планирование и управление в организационных системах нефтегазохимического комплекса

Д.В. Буньковский^{1,2}¹ Восточно-Сибирский институт МВД России (Иркутск, Россия)² Байкальский государственный университет (Иркутск, Россия)

Аннотация

Функционирование нефтегазохимического комплекса как сложной системы отличается взаимосвязанностью различных субъектов и многообразием ресурсных потоков, эффективное управление которыми оказывается фундаментом стабильности отрасли. В статье кратко описаны результаты исследования вопросов ресурсного планирования в организационных системах взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе. Целью исследования явилось осмысление проблем и моделирование эффективного ресурсного планирования в организационной системе взаимодействия отраслевых субъектов предпринимательства. В ходе исследования применены методы наблюдения, системного анализа, гипотетико-дедуктивного рассуждения, обобщения, экономико-математического моделирования и оптимизации. В результате исследования с учетом технологических принципов и современных условий функционирования нефтегазохимических производств сформулированы особенности ресурсных потоков в организационных системах взаимодействия отраслевых субъектов предпринимательства, в соответствии с которыми проведен анализ инструментария ресурсного планирования и управления. Определены барьеры эффективного ресурсного планирования в организационных системах взаимодействия в российском нефтегазохимическом комплексе. Разработана концептуальная экономико-математическая модель эффективности ресурсного планирования в организационной системе взаимодействия отраслевых субъектов предпринимательства, применение которой позволяет осуществлять планирование оптимальных объемов и маршрутов протекания ресурсных потоков в организационной системе. Предложен подход к определению энтропии ресурсных потоков в организационной системе взаимодействия отраслевых субъектов предпринимательства. Разработанная модель может являться элементом адаптивного аппарата управления ресурсными потоками при создании кластерных и других форм организации взаимодействия в нефтегазохимическом комплексе. Описанные в работе причинно-следственные отношения должны учитываться при выработке стратегий и управлении текущей деятельностью отраслевых субъектов предпринимательства, а также при формировании и реализации мер государственного регулирования развития и функционирования нефтегазохимического комплекса в целом.

Ключевые слова: ресурсные потоки нефтегазохимического комплекса, барьеры ресурсного планирования, организационная система взаимодействия, эффективное управление ресурсами нефтегазохимии, моделирование ресурсного планирования

Для цитирования:

Буньковский Д.В. (2026). Ресурсное планирование и управление в организационных системах нефтегазохимического комплекса. *Стратегические решения и риск-менеджмент*. 2026; 17(2).

Resource Planning and Management in Interorganizational Systems in the Oil, Gas, and Petrochemical Industries

D.V. Bunkovskiy^{1,2}¹ East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation (Irkutsk, Russia)² Baikal State University (Irkutsk, Russia)

Abstract

The oil, gas, and petrochemical industries constitute a complex system characterized by extensive interdependencies among multiple actors and a wide variety of resource flows. Effective management of these flows is the fundamental to the stability of the industries concerned. This study examines resource planning in interorganizational systems involving business entities operating in the oil, gas, and petrochemical industries. The study aimed to conceptualized the existing problems and develop a model for effective resource planning within such systems. The methods employed included observation, systems analysis, hypothetical-deductive reasoning, generalization, economic and mathematical modeling, and optimization. Based on the technological principles and the current operating conditions of oil, gas, and petrochemical production, the specific characteristics of resource flows within interorganizational systems were identified, and the available resource planning and management tools were analyzed accordingly. Barriers to effective resource planning in interorganizational systems of interaction in the Russian oil, gas, and petrochemical industries were identified. A conceptual economic and mathematical model of resource planning efficiency was developed. The model can be used to determining the optimal volumes and routes of resource flows within an interorganizational system. An approach to measuring the entropy of resource flows within systems comprising interacting business entities was also proposed. The developed model can serve as a component of an adaptive resource flow management framework used when establishing industrial clusters and other forms of interorganizational cooperation in the oil, gas, and petrochemical industries. The causal relationships identified in the study should be considered both in strategy development and operational management by industry participants and in the formulation and implementation of government policies regulating the development and operation of these industries.

Keywords: resource flows in the oil, gas, and petrochemical industries, barriers to resource planning, interorganizational system, effective resource management, resource planning modeling

For citation:

Bunkovskiy D.V. (2026). Resource Planning and Management in Interorganizational Systems in the Oil, Gas, and Petrochemical Industries. *Strategic Decisions and Risk Management*. 2026; 17(2).

油气化工产业综合体组织系统中的资源规划与管理

D.V. Bunkovskiy^{1, 2}

¹ 俄罗斯内务部东西伯利亚学院 (伊尔库茨克, 俄罗斯)

² 贝加尔国立大学 (伊尔库茨克, 俄罗斯)

摘要

油气化工产业综合体是一个由不同主体和多种资源流构成的复杂系统, 各主体之间具有高度关联性。对这些资源流实施有效管理, 是保障该行业稳定运行的基础。本文简要介绍了油气化工产业综合体中行业经营主体间组织协同系统资源规划问题的研究成果。研究旨在系统分析相关问题, 并对行业经营主体协同系统中的高效资源规划进行建模。研究采用了观察法、系统分析法、假设演绎推理法、概括法、经济数学建模法和优化方法。结合油气化工生产的技术原则及其现代运行条件, 研究概括了行业经营主体协同系统中资源流的特征, 并据此分析了资源规划与管理工具。研究确定了俄罗斯油气化工产业综合体组织协同系统中高效资源规划所面临的障碍, 构建了行业经营主体协同系统资源规划效率的概念性经济数学模型。该模型可用于规划组织系统内资源流的最优流量及其流转路径。本文还提出了一种确定行业经营主体协同系统中资源流熵的方法。所构建的模型可作为资源流自适应管理机制的组成部分, 用于油气化工产业综合体中集群式及其他组织协同形式的构建。本文所揭示的因果关系, 应在行业经营主体制定战略和开展日常经营管理, 以及国家制定并实施油气化工产业综合体发展与运行调控措施时予以考虑。

关键词: 油气化工产业综合体的资源流, 资源规划障碍, 组织协同系统, 油气化工产业资源的高效管理, 资源规划建模

引用格式:

Bunkovskiy D.V. (2026). 油气化工产业综合体组织系统中的资源规划与管理. *战略决策与风险管理*. 2026; 17(2).

Введение

Формирование организационной системы взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе в современных условиях способствует устойчивому развитию каждого ее участника через координацию деятельности и достижение слаженности всех действий различных субъектов предпринимательства, участвующих в цепочке создания стоимости от добычи углеводородного сырья до сбыта нефтегазохимической продукции.

Развитие и стабильность функционирования организационной системы взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе основывается на установлении равного доступа к ресурсам, концентрирующимся внутри организационной системы, и ресурсам всех членов системы, а также обеспечении возможностей объединения усилий членов системы, совместного формирования новых уникальных компетенций, углубления специализации бизнес-процессов членов системы и совершенствования взаимовыгодного инструментария аутсорсинга.

Различные проблемы развития экономики нефтегазохимического комплекса и вопросы управления ресурсами субъектов предпринимательства рассматриваются многими исследователями. В своих трудах ученые акцентируют внимание на различных факторах и аспектах эффективности управления ресурсными потоками. В значительном числе современных исследований эффективность ресурсного планирования представляется как особенность реализации концепции устойчивого развития [Малышева, 2019; Florescu et al.,

2019; Adebayo et al., 2024; Okeke, 2024]. Часть исследователей привязывают проблемы ресурсного планирования к вопросам управления предпринимательскими рисками [Dey et al., 2011; Ullah et al., 2024]. Некоторые авторы концентрируются на определении детерминант эффективности управления ресурсами, среди которых выделяют упорядочивание процессов транспортировки, гармонизацию логистических цепочек, оптимизацию запасов [Chamani Foomani Dana, Tamannaei, 2021; Jiang, 2024; Jusoh et al., 2024; Wang et al., 2024]. Увеличивается число трудов, в которых при рассмотрении эффективности управления ресурсными потоками в промышленности центральное место отводится применению информационно-телекоммуникационных средств, цифровой трансформации производств, внедрению инструментов искусственного интеллекта [Min, 2010; Musa, 2023; Братских и др., 2024; Губанова, Самошенкова, 2024; Ukato et al., 2024; Koeyda, 2025]. Каждое исследование, бесспорно, вносит существенный вклад в развитие научных представлений об управлении ресурсами отраслевых субъектов предпринимательства. Однако в целях совершенствования практики эффективного ресурсного планирования и управления в организационных системах взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе необходимо комплексное представление этой предметной области. Дальнейшие исследования целесообразно ориентировать на разработку более сложных и реалистичных моделей, а также рассмотрение проблем практического применения инструментария ресурсного планирования в отрасли.

1. Отраслевые особенности ресурсных потоков

Текущее состояние и тенденции развития нефтегазохимического комплекса в значительной степени определяют характер протекания ресурсных потоков в отрасли^{1, 2}. Учитывая технологические принципы и современные условия функционирования нефтегазохимических производств, можно сформулировать особенности ресурсных потоков в организационных системах взаимодействия отраслевых субъектов предпринимательства [Конь, 1986; Егоров, Злотникова, 1989; Гэри и др., 2013]:

- высокая сложность совокупности ресурсных потоков, которая определяется многообразием бизнес-процессов в организационной системе взаимодействия (процессы, связанные с добычей, переработкой, транспортировкой, хранением, маркетингом и сбытом нефти, газа, нефтепродуктов и продуктов нефтегазохимии);
- большой размах вариации объемов ресурсных потоков, которые зависят от размеров субъектов предпринимательства и характера технологического процесса (от массовой транспортировки сырой нефти до малотоннажных нефтегазохимических производств);
- широкое разнообразие содержания ресурсных потоков (сырьевые потоки: нефть, природный газ и другие исходные материалы; продуктовые потоки: нефтепродукты, нефтехимические и химические продукты, отходы и пр.; топливно-энергетические потоки: электричество, углеводородное топливо, пар и пр.; финансовые потоки: движение денежных средств, кредитных ресурсов и пр.; трудовые ресурсы: движение квалифицированного персонала внутри организационной системы, привлечение сторонних специалистов и пр.; информационные потоки: обмен между субъектами предпринимательства информацией о ценах, технологиях, рынках сбыта, инвестиционных возможностях и пр.; технологические потоки: передача технологических знаний и ноу-хау и пр.);
- высокая степень риска протекания ресурсных потоков, которая определяется неустойчивостью рыночной конъюнктуры, политической нестабильностью, экологическими проблемами и др.;
- широкая география направления и расположения ресурсных потоков, которая зависит от охвата территории, разнообразия международных соглашений, приграничного сотрудничества и др.

Важно учитывать глубокое международное и государственное участие в управлении ресурсными потоками нефтегазохимического комплекса. Государство определяет в целом стратегические направления развития нефтегазохимического комплекса, осуществляет контроль соблюдения норм в области экологии, безопасности и качества продукции, участвует в создании и развитии транспортных систем, складских сооружений, портов и других объектов инфраструктуры, необходимых для эффективного движения ре-

сурсов. В рамках ресурсного планирования международные организации, в частности «Организация стран – экспортеров нефти» (ОПЕК), органы государственной власти устанавливают квоты на добычу и экспорт нефти и природного газа.

2. Инструментарий ресурсного планирования и управления

В ходе изучения ресурсного планирования и управления в организационных системах взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе представляется необходимым комплексное рассмотрение этой предметной области и представление вопросов практического применения соответствующего инструментария. Анализируя возможные подходы к управлению ресурсными потоками в организационных системах взаимодействия субъектов предпринимательства в отрасли их можно разделить на централизованный и децентрализованный.

Централизованный подход предполагает осуществление управления ресурсными потоками в организационной системе взаимодействия единым центром, в роли которого в зависимости от характера организационной системы может выступать либо специально созданный орган – модератор ресурсонесущих отношений, либо наиболее развитый субъект предпринимательства – член организационной системы, либо определенный инклюзивный институт. Такой центр помимо непосредственной координации ресурсных потоков может участвовать и в процессах планирования и контроля ресурсонесущих отношений в организационной системе. Централизованный подход обеспечивает оптимизацию протекания ресурсных потоков за счет высоких уровней унификации и стандартизации, а также жесткого контроля ресурсонесущих отношений. К недостаткам такого подхода можно отнести возможные снижение гибкости организационной системы взаимодействия и сокращение ее адаптивности к изменениям во внутренней и внешней средах, замедление процессов принятия решений. Данный подход может преобладать в случаях, когда инициатором формирования организационной системы или большинством ее участников выступают органы государственной власти или субъекты крупного предпринимательства.

При децентрализованном подходе управление ресурсными потоками осуществляется участниками системы самостоятельно в ходе оперативного принятия ими соответствующих решений на своем уровне. Такой подход ориентирован на оптимизацию протекания ресурсных потоков на основе инициативности и высокого уровня мотивации независимых участников организационной системы. Его преимуществами являются рост гибкости и адаптивности организационной системы к изменениям. Однако реализация децентрализованного подхода приводит к повышению вероятности конфликтов, несогласованности действий участников организационной системы и возможным нарушениям различных норм и правил. Децентрализованный подход к управлению ресурсными потоками в организационной системе может

¹ Приказ от 08.04.2014 Минпромторга России № 651, Минэнерго России № 172 «Об утверждении Стратегии развития химического и нефтехимического комплекса на период до 2030 года». https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_173997/7cfd25a92bee9298671ace8b132faf028a78fee7/?ysclid=moi2uf2672186189236.

² Распоряжение Правительства РФ от 09.06.2020 № 1523-р «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года». https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_354840/?ysclid=moi2xt5zcd654943943.

преобладать в случаях, когда инициатором формирования системы на основе саморегулируемых механизмов или большинством ее участников выступают субъекты малого и среднего предпринимательства.

Опыт функционирования организационных систем взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе показывает широкие возможности сочетания централизованного и децентрализованного подходов к управлению ресурсными потоками в зависимости от конкретных условий и задач. Смешанный подход позволяет в максимальной степени учитывать особенности разных участников организационной системы, а также стремиться к сбалансированности уровней стандартизации, унификации, контроля ресурсонесущих отношений и гибкости организационной системы. Реализация различных модификаций смешанного подхода к управлению ресурсными потоками характеризуется повышенной сложностью и необходимостью использования насыщенного методического инструментария.

Инструментарий управления ресурсными потоками в организационных системах взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе в современных условиях обогащается передовыми средствами, учитывающими все многообразие достижений научно-технического прогресса. Среди соответствующих инструментов широкое распространение получили MRP-системы (Material Requirements Planning) – комплексные методы управления ресурсами, которые применяются для планирования закупок сырья, материалов, комплектующих и запасных частей, а также планирования производства и управления запасами. Практика использования MRP-систем в нефтегазохимическом комплексе показала их широкие возможности в оптимизации закупок, повышении эффективности планирования производства, управлении транспортировкой, обеспечении прозрачности информации, контроле бизнес-процессов и снижении рисков. На их основе определяют точную потребность нефтегазоперерабатывающих заводов в сырой нефти, природном газе и других ресурсах, что позволяет минимизировать излишки и дефицит сырья, снизить стоимость закупок и оптимизировать складские запасы. Вне зависимости от стадии производства такие системы позволяют повышать точность производственных планов, учитывая сроки поставки сырья и особенности и возможности необходимого производственного оборудования. MRP-системы помогают планировать транспортировку углеводородов и продуктов их переработки, оптимизируя маршруты и сроки доставки, предоставляют информацию о протекании ресурсных потоков и состоянии запасов в реальном времени.

Более обширными являются ERP-системы (Enterprise Resource Planning) – интегрированные системы ресурсного планирования, позволяющие управлять всеми аспектами бизнеса, включая материальные потоки, производственные процессы, финансовые потоки и логистические процессы. Показателен опыт использования такой интегрированной системы НК «Роснефть». Учитывая широкое территориальное распределение компании, ее участие в различных организационных системах взаимодействия, разнородность входящих в нее производств, унификация и стандартизация организа-

ционных структур, формирование единого информационного пространства позволяют поддерживать ее управляемость и в результате обеспечивать устойчивое развитие. ERP-система, внутри которой функционируют и центральный аппарат и дочерние и зависимые структуры, дает возможность получения оперативных сведений и составления в режиме реального времени целостного представления о текущем состоянии ресурсных потоков компании. Однако значительным барьером развития и использования ERP-системы НК «Роснефть» являются проблемы регламентации процессов. Многообразие действующих в компании регламентов характеризуется значительной несогласованностью. Регламенты составляются преимущественно на базе мнений представителей менеджмента местного уровня, а также руководителей дочерних и зависимых структур. Целесообразно принятие моделей и стандартов бизнес-процессов какой-либо организационной системы взаимодействия, членом которой является компания. Возможно и создание собственных внутренних единых моделей и стандартов, но в условиях высокой динамичности внешней среды и интенсивности развития самой компании это становится весьма сложной задачей.

Популярность у крупных субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе получили методы управления цепями поставок (SCM – Supply Chain Management), которые предполагают создание собственных логистических активов и подразделений в области закупки, хранения, транспортировки материальных ресурсов, таможенного оформления внешнеэкономических операций с ними и т.п. Например, в состав компании «Газпром нефть» входит крупный логистический оператор ООО «Газпромнефть-Снабжение», к ключевым функциям которого относится закупочная деятельность, транспортная и складская логистика, оптимизации издержек транспортировки, хранения, погрузо-разгрузочных работ, консалтинг в области логистики, информационное сопровождение грузоперевозок, таможенное оформление, экспедиторские услуги. Следует отметить, что «Газпромнефть-Снабжение» не только непосредственно обслуживает производства компании «Газпром нефть», но и является участником организационных систем взаимодействия, включающих материнскую компанию, а также осуществляет работы по значительному количеству внешних договоров обслуживания.

Важным в практике ресурсного планирования и управления в организационных системах взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе стало широкое распространение в современной промышленности метода бережливого производства (Lean Production) и метода шести сигм (Six Sigma), предполагающих организацию производственных процессов с устранением любых неэффективных действий и потерь ресурсов. Например, с 2010 года предприятием «Томскнефтехим», а позднее и другими предприятиями, входящими в ПАО «СИБУР Холдинг», одними из первых в отечественной экономике была внедрена производственная система, ориентированная на повышение эффективности за счет ликвидации любых форм потерь. За прошедшее время путем ликвидации производственного брака, рационализации расходования сырьевых и энергетических ресурсов и мер, связанных с оптими-

зацией процессов и реализацией полезных идей работников, был получен значительный экономический эффект, который в компании оценивают в 10% EBITDA.

Ключевое значение в современном ресурсном планировании в организационных системах взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе приобретают процессы цифровизации и использования искусственного интеллекта в управлении. Так, НК «Лукойл» сегодня применяет электронные концепции независимого аудита проектов, электронные механизмы торгов и другие средства, обеспечивающие реализацию функций ресурсного планирования и точный мониторинг расходования ресурсов. НК «Газпром нефть» заявила о стремлении стать лидером в процессах промышленной цифровизации. С 2018 года в компании функционирует дирекция по цифровой трансформации, формирующая перспективную стратегию цифровизации бизнес-процессов. Разрабатывается уникальная ИТ-платформа, ориентированная на обслуживание баз данных и информационных потоков. НК «Роснефть» также реализует стратегию цифровой трансформации, которая в целях управления ресурсными потоками предполагает создание цифровой цепочки поставок и цифрового трейдинга. Кроме того, стратегия включает в себя формирование взаимосвязанных цифровых моделей месторождения, НПЗ, АЗС, работника.

Развитие процессов цифровизации управления ресурсными потоками в организационных системах взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе способствует формированию целостной экосистемы взаимоотношений, содержащей единую информационно-коммуникативную среду. В структуре такой экосистемы взаимоотношений ключевое место занимает инклюзивный институт, в качестве которого в результате стабилизации и развития организационной системы может быть применена специальная цифровая платформа управления [Буньковский, 2024].

Ресурсное планирование и управление в организационных системах нефтегазохимического комплекса может быть рассмотрено с точки зрения сопровождения реализации различных предпринимательских проектов. В таком случае описанный инструментарий управления ресурсными потоками может быть обогащен методами проектного менеджмента, среди которых следует выделить метод выравнивания ресурсов (Resource leveling), метод структурной декомпозиции работ (Work Breakdown Structure), метод планирования производственных мощностей (Capacity Resource Planning). Метод выравнивания ресурсов ориентирован на сбалансированное распределение ресурсов для поддержания равномерности реализации этапов проекта в рамках бюджета и графика выполнения работ, предотвращение недогрузок и перегрузок, отсрочек и перепланирования. Метод структурной декомпозиции работ предполагает разделение проекта на более мелкие элементы, задачи и целевые результаты в целях упрощения реализаций функций менеджмента. Метод планирования производственных мощностей нацелен на улучшение использования производственных мощностей рабочих центров (оборудования, бригад рабочих) путем удовлетворения будущих потребностей в ресурсах на основе анализа текущего использования мощностей и прогнозирования спроса.

3. Эффективность ресурсного планирования

Эффективное ресурсное планирование в организационных системах взаимодействия в нефтегазохимическом комплексе предполагает обеспечение с учетом имеющегося инструментария и отраслевых особенностей оптимальности протекания совокупности ресурсных потоков с целью рационального использования ресурсов, надежности и ритмичности производственных процессов, результативности управления. На основе проведенного анализа можно определить барьеры эффективного ресурсного планирования в организационных системах взаимодействия в российском нефтегазохимическом комплексе. Среди них следует выделить:

- турбулентность внешней среды (колебания цен на углеводороды, социально-политическая нестабильность и т. д.);
- отсутствие единого центра планирования и прогнозирования, который бы учитывал интересы всех участников взаимодействия и обеспечивал согласованность их действий;
- недостатки координации действий между участниками взаимодействия, особенно между вертикально интегрированными нефтегазовыми компаниями и независимыми организациями;
- отсутствие единых норм и стандартов процессов, сложность выработки общего подхода к сбору и обработке данных;
- неразвитость аналитического инструментария (прогнозных моделей, системы анализа рынка и других инструментов принятия управленческих решений);
- проблемы транспортировки углеводородного сырья и нефтегазохимической продукции (высокий физический износ имеющейся трубопроводной сети, недостатки развития системы морских терминалов и др.);
- проблемы управления запасами (затоваривание нефтебаз, высокий моральный износ складского хозяйства, низкая эффективность складской логистики и др.);
- низкий объем инвестиций в развитие инфраструктуры (расширение трубопроводной сети, совершенствование технологий логистики и др.);
- кадровые проблемы (дефицит квалифицированных специалистов в области инженерии, управления, геологии и т. д.);
- низкий уровень экологической безопасности (высокий износ основных фондов и недостаточность контроля повышают риски разлива нефти и нефтепродуктов и других техногенных катастроф).

С учетом отраслевых особенностей ресурсных потоков в рамках настоящего исследования была разработана концептуальная экономико-математическая модель эффективности ресурсного планирования в организационных системах взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе. Целевая функция модели состоит в минимизации издержек протекания совокупности ресурсных потоков в организационной системе взаимодействия:

$$\sum_i \sum_u C_{iu} R_{iu} + \sum_u P_u (D_u - \sum_i R_{iu}) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где v_i – наименование участника организационной системы взаимодействия, r_u – наименование ресурса, R_{iu} – объем

потока ресурса r_u , поставляемого участником v_i в течение определенного периода времени, D_u – общая величина потребности в ресурсе r_u внутри организационной системы взаимодействия в течение определенного периода времени, C_{iu} – средняя стоимость предоставления ресурса r_u участником v_i другому участнику организационной системы (затраты на производство, транспортировку, складирование, обработку и т.д.), P_u – рыночная цена ресурса r_u .

При этом необходимо соблюсти следующие ограничения:

1. Доступность ресурсов (объем потока ресурса, поставляемого участником v_i не должен превышать его максимального возможного объема поставки R_{iu}^{max}):

$$R_{iu} \leq R_{iu}^{max} \quad (2)$$

2. Уровень качества поставляемых ресурсов (объем производства продукции B_i участником v_i зависит от количества и качества используемых ресурсов):

$$B_i = f(R_{iu}) \quad (3)$$

3. Сроки предоставления ресурса (суммарные сроки предоставления ресурса o_{iu} не должны превышать установленной в организационной системе нормативной величины O_u):

$$o_{iu} \leq O_u \quad (4)$$

4. Производственные мощности (объем производства продукции участником v_i не должен превышать его производственную мощность B_i^{max}):

$$B_i \leq B_i^{max} \quad (5)$$

5. Экологические ограничения (суммарный объем выбросов, сбросов F_i участником v_i не должен превышать установленного лимита $F_{i,max}$):

$$F_i \leq F_i^{max} \quad (6)$$

В ходе планирования и управления ресурсными потоками в целях обнаружения снижения эффективности использования ресурсов, оценки размеров их потерь, выявления роста уровня беспорядочности протекания потоков ресурсов в отдельных элементах системы необходимо оперировать параметром энтропии ресурсных потоков. В результате настоящего исследования был выработан подход к определению энтропии ресурсных потоков в организационной системе взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе. Подход отталкивается от следующих положений:

- организационная система взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе является открытой системой с обменом различными видами ресурсов;
- энтропия ресурсных потоков растет с увеличением неопределенности в организационной системе взаимодействия вследствие ценовых колебаний, сбоев в производственных процессах и поставках, изменений регуляторных воздействий и динамики других факторов;
- минимизация энтропии ресурсных потоков ведет к повышению эффективности и устойчивости цепочки создания стоимости внутри организационной системы взаимодействия.

Представим организационную систему взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе как граф взаимодействия:

$$G = (V, E), \quad (7)$$

где $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ – множество участников организационной системы взаимодействия (вершин графа), $E = \{e_{ij}\}$ – множество ресурсных потоков между участниками системы (ребра графа).

$$e_{ij} = (v_i, v_j, r_u, q_{ij}^u), \quad (8)$$

где q_{ij}^u – объем потока ресурса r_u от участника системы v_i к участнику v_j .

Энтропия ресурсных потоков в организационной системе взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе будет представлять собой сумму энтропий отдельных ресурсных потоков с учетом их взаимозависимости:

$$S = \sum_{u=1}^U S_u + S_a, \quad (9)$$

где U – количество видов ресурсов, циркулирующих в организационной системе взаимодействия, S_u – энтропия потока ресурса r_u , S_a – энтропия взаимодействия между ресурсными потоками.

Для формализованного представления энтропии дискретных ресурсных потоков в организационной системе взаимодействия и учета дискретного распределения объемов ресурсных потоков между участниками системы используем энтропию по Шеннону:

$$S_u = -\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij}^u \ln p_{ij}^u, \quad (10)$$

где p_{ij}^u – вероятность (удельный вес) потока q_{ij}^u в общем объеме ресурса r_u .

При ресурсном планировании наибольший удельный вес конкретного ресурсного потока в общем объеме p_{ij}^u может быть интерпретирован как наибольшая вероятность того, что ресурс r_u будет перемещен от участника системы v_i к участнику v_j .

В целях формализованного описания энтропии относительно непрерывных ресурсных потоков в организационной системе взаимодействия или для случаев, когда информация о конкретных потоках не детализирована, используем энтропию по Гиббсу:

$$S_u = -\int t(q) \ln t(q) dq, \quad (11)$$

где q – объем потока ресурса, $t(q)$ – плотность распределения объемов ресурсных потоков в организационной системе, dq – бесконечно малый элемент (приращение) объема ресурсного потока.

Оценка плотности распределения объемов ресурсных потоков в организационной системе взаимодействия осуществляется с применением метода окна Парзена – Розенблатта и функции ядра Гаусса:

$$t(q) = \frac{1}{Mh} \sum_{m=1}^M \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{q-q_m}{h}\right), \quad (12)$$

где M – количество наблюдений, q_m – значение объема ресурсного потока в m -м наблюдении, h – параметр сглаживания (ширина полосы).

Параметр сглаживания может быть выбран на основе «правила большого пальца»:

$$h = 1,06\sigma M^{-1/5}, \quad (13)$$

где σ – стандартное отклонение данных.

Энтропия взаимодействия учитывает корреляции между различными ресурсными потоками:

$$S_a = \sum_{u \neq i} I(r_u, r_i), \quad (14)$$

где $I(r_u, r_i)$ – взаимная информация между потоками ресурсов r_u и r_i .

Для случаев дискретных ресурсных потоков:

$$I(r_u, r_i) = \sum_{i,j} \sum_{g,z} p(q_{ij}^u, q_{gz}^i) \ln \left(\frac{p(q_{ij}^u, q_{gz}^i)}{p(q_{ij}^u)p(q_{gz}^i)} \right). \quad (15)$$

где q_{gz}^i – объем потока ресурса r_i от участника системы v_g к участнику v_z , $p(q_{ij}^u, q_{gz}^i)$ – совместная вероятность того, что в организационной системе одновременно произойдут потоки q_{ij}^u и q_{gz}^i .

Для случаев относительно непрерывных ресурсных потоков:

$$I(r_u, r_i) = \int \int t(q_u, q_i) \ln \left(\frac{t(q_u, q_i)}{t(q_u)t(q_i)} \right) dq_u dq_i. \quad (16)$$

где $t(q_u, q_i)$ – плотность вероятности того, что один поток имеет значение q_u и другой q_i .

Значение $t(q_u, q_i)$ может быть определено по аналогии с $t(q)$.

Величина $I(r_u, r_i)$ показывает, насколько потоки ресурсов r_u и r_i взаимозависимы. Чем выше значение $I(r_u, r_i)$, тем выше уровень взаимозависимости потоков этих ресурсов (наличие большого объема r_u в одном участке цепи сопровождается, как правило, определенным объемом r_i). Если $I(r_u, r_i) = 0$, то потоки независимы.

Уровень энтропии ресурсных потоков в организационной системе снижается при минимизации потерь ресурсов и совершенствовании организации протекания потоков ресурсов. Эффективное ресурсное планирование и управление в организационных системах взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе, направленные на минимизацию издержек протекания совокупности соответствующих ресурсных потоков, должны обеспечивать приемлемый уровень их энтропии. Представленный подход дает возможность мониторинга и оценки энтропии ресурсных потоков в организационной системе с рассмотрением энтропии отдельных потоков ресурсов и определением энтропии взаимодействия между ресурсными потоками. Это позволяет своевременно выявлять элементы организационной системы с критическими уровнями энтропии ресурсных потоков, которые следует учитывать в процессе ресурсного планирования и управления в системе как угрозы устойчивости организационной системы. Подход также может быть

применен для оценки надежности отраслевых цепочек поставок, оптимизации маршрутов транспортировки ресурсов, минимизации информационной асимметрии и др.

В целом разработанная концептуальная модель позволяет осуществлять повышение эффективности производственных и логистических процессов в организационной системе взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе. В зависимости от конкретной ситуации или определенных целей ресурсного планирования в предложенную модель могут быть включены дополнительные факторы и ограничения. При этом могут быть введены определенные нелинейные зависимости между факторами, например учет изменения эффективности транспортировки при изменении объемов перевозок и др.

Заключение

Проведенное исследование позволило сформулировать особенности ресурсных потоков в организационных системах взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе, определить барьеры эффективного ресурсного планирования в организационных системах взаимодействия в российском нефтегазохимическом комплексе и разработать концептуальную экономико-математическую модель эффективности ресурсного планирования в организационной системе взаимодействия отраслевых субъектов предпринимательства с возможностью определения энтропии ресурсных потоков как угрозы устойчивости организационной системы.

Применение разработанной концептуальной экономико-математической модели позволяет осуществлять планирование оптимальных объемов и маршрутов протекания ресурсных потоков в организационной системе взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе. Модель может являться элементом адаптивного аппарата управления ресурсными потоками при создании кластерных, сетевых, конгломератных и других форм организации взаимодействия в нефтегазохимическом комплексе. В целом результаты исследования могут быть использованы отраслевыми субъектами предпринимательства в ходе выработки ресурсных стратегий и управления текущей деятельностью, а также органами государственной власти и местного самоуправления при разработке и реализации мер регулирования нефтегазохимического комплекса. Дальнейшее совершенствование ресурсного планирования и управления в организационных системах взаимодействия субъектов предпринимательства в российском нефтегазохимическом комплексе является одним из ключевых факторов устойчивого развития отрасли.

Литература

- Братских Д.С., Ромашева Н.В., Конопелько А.Ю. (2024). Модель управления цепями поставок в нефтегазовой отрасли с использованием цифровых технологий. *Нефтяное хозяйство*, 7: 120–125.
- Буньковский Д.В. (2024). Цифровизация управления в организационных системах взаимодействия субъектов предпринимательства в нефтегазохимическом комплексе. *Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление*, 2: 84–92.

- Губанова Е.В., Самошенкова К.А. (2024). Резервы автоматизации и цифровой трансформации бизнес-процессов организации в контексте бережливого производства. *Вестник Алтайской академии экономики и права*, 3–3: 367–373.
- Гэри Д.Х., Хэндверк Г.Е., Кайзер. М.Д. (2013). *Технологии и экономика нефтепереработки*. Санкт-Петербург, Профессия.
- Егоров В.И., Злотникова Л.Г. (1989). *Нефтеперерабатывающие и нефтехимические предприятия: организация, планирование, управление*. Москва, Химия.
- Конь М.Я. (1986). *Нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность за рубежом*. Москва, Химия.
- Мальшева Т.В. (2019). Использование информационных систем в управлении экологической устойчивостью нефтехимических производств. *Управление устойчивым развитием*, 6(25): 27–31.
- Adebayo Y., Ikevuje A.H., Kwakye J., Esiri A. (2024). Circular Economy Practices in the Oil and Gas Industry: A Business Perspective on Sustainable Resource Management. *GSC Advanced Research and Reviews*, 20: 267–285.
- Chamani Foomani Dana A., Tamannaei M. (2021) A Game-Theoretic Approach for Transportation of Oil Products in a Duopolistic Supply Chain. *AUT Journal of Civil Engineerin*, 5(1): 115–128.
- Dey P.K., Clegg B., Cheffi W. (2011). Risk Management in Enterprise Resource Planning Implementation: A New Risk Assessment Framework. *Production Planning & Control*, 24: 1–14.
- Florescu M., Ceptureanu E., Cruceru A., Ceptureanu S. (2019). Sustainable Supply Chain Management Strategy Influence on Supply Chain Management Functions in the Oil and Gas Distribution Industry. *Energies*, 12: 1632.
- Jiang X. (2024). Optimization of Logistics Inventory Management in Enterprises from the Supply Chain Perspective. *International Journal of Global Economics and Management*, 3: 309–314.
- Jusoh A., Mahmood R., Ahmad Z., Mohd Z.A. (2024). Digital Supply Chain and Business Performance: The Case of the Oil and Gas Industry. *Information Management and Business Review*, 3: 1133–1145.
- Koyeda V. (2025). Single Point of Integration to Enterprise Resource Planning Systems. *Global Journal of Computer Science and Technology*, 25: 1–7.
- Min H. (2010) Artificial Intelligence in Supply Chain Management: Theory and Applications. *International Journal of Logistics-Research and Applications*, 13: 13–39.
- Musa A. (2023). Review Paper Revolutionizing Oil and Gas Industries with Artificial Intelligence Technology. *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 5: 20–30.
- Okeke A. (2024). An Exploration of Sustainability and Supply Chain Management Practises in the Oil and Gas Industry: A Systematic Review of Practises and Implications. *Environmental and Sustainability Indicators*, 23: 100462.
- Ukato P., Esiri A., Sofoluwe O. (2024). Digital Twin Technology in Oil and Gas Infrastructure: Policy Requirements and Implementation Strategies. *Engineering Science & Technology Journal*, 6: 2039–2049.
- Ullah I., Ilyas M., Jin Z., Almujibah H. (2024). A Fuzzy Logic-Based Risk Assessment Framework for the Crude Oil Transportation Supply Chain. *Ocean Engineering*, 311: 118997.
- Wang S., Wang Y., Lai C. (2024). Connectivity Reliability Evaluation and Most Reliable Shipping Route Choice in a Seaborne Crude Oil Network. *Heliyon*, 10: 36295.

References

- Bratskikh D.S., Romasheva N.V., Konopelko A. Yu. (2024). A Digital Supply Chain Management Model for the Oil and Gas Industry. *Oil Industry*, 7: 120-125. (In Russ.)
- Bunkovsky D.V. (2024). Digitalization of Management in Organizational Systems of Interaction between Business Entities in the Petrochemical Complex. *Bulletin of Tver State University. Series: Economics and Management*, 2: 84-92. (In Russ.)
- Gubanova E.V., Samoshenkova K.A. (2024). Reserves of Automation and Digital Transformation of the Organization's Business Processes in the Context of Lean Manufacturing. *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*, 3-3: 367-373. (In Russ.)
- Gary D.H., Handwerk G.E., Kaiser M.D. (2013). *Refining Technology and Economics*. St. Petersburg, Professiya. (In Russ.)
- Egorov V.I., Zlotnikova L.G. (1989). *Refining and Petrochemical Enterprises: Organization, Planning, Management*. Moscow, Khimiya. (In Russ.)
- Kon M.Ya. (1986). *Oil Refining and Petrochemical Industry Abroad*. Moscow, Khimiya. (In Russ.)
- Malysheva T.V. (2019). The Use of Information Systems in Managing the Environmental Sustainability of Petrochemical Industries. *Sustainability Management*, 6 (25): 27-31. (In Russ.)
- Adebayo Y., Ikevuje A.H., Kwakye J., Esiri A. (2024). Circular Economy Practices in the Oil and Gas Industry: A Business Perspective on Sustainable Resource Management. *GSC Advanced Research and Reviews*, 20: 267-285.
- Chamani Foomani Dana A., Tamannaei M. (2021) A Game-Theoretic Approach for Transportation of Oil Products in a Duopolistic Supply Chain. *AUT Journal of Civil Engineerin*, 5(1): 115-128.

- Dey P.K., Clegg B., Cheffi W. (2011). Risk Management in Enterprise Resource Planning Implementation: A New Risk Assessment Framework. *Production Planning & Control*, 24: 1-14.
- Florescu M., Ceptureanu E., Cruceru A., Ceptureanu S. (2019). Sustainable Supply Chain Management Strategy Influence on Supply Chain Management Functions in the Oil and Gas Distribution Industry. *Energies*, 12: 1632.
- Jiang X. (2024). Optimization of Logistics Inventory Management in Enterprises from the Supply Chain Perspective. *International Journal of Global Economics and Management*, 3: 309-314.
- Jusoh A., Mahmood R., Ahmad Z., Mohd Z.A. (2024). Digital Supply Chain and Business Performance: The Case of the Oil and Gas Industry. *Information Management and Business Review*, 3: 1133-1145.
- Koyeda V. (2025). Single Point of Integration to Enterprise Resource Planning Systems. *Global Journal of Computer Science and Technology*, 25: 1-7.
- Min H. (2010) Artificial Intelligence in Supply Chain Management: Theory and Applications. *International Journal of Logistics-Research and Applications*, 13: 13-39.
- Musa A. (2023). Review Paper Revolutionizing Oil and Gas Industries with Artificial Intelligence Technology. *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 5: 20-30.
- Okeke A. (2024). An Exploration of Sustainability and Supply Chain Management Practises in the Oil and Gas Industry: A Systematic Review of Practises and Implications. *Environmental and Sustainability Indicators*, 23: 100462.
- Ukato P., Esiri A., Sofoluwe O. (2024). Digital Twin Technology in Oil and Gas Infrastructure: Policy Requirements and Implementation Strategies. *Engineering Science & Technology Journal*, 6: 2039-2049.
- Ullah I., Ilyas M., Jin Z., Almujiabah H. (2024). A Fuzzy Logic-Based Risk Assessment Framework for the Crude Oil Transportation Supply Chain. *Ocean Engineering*, 311: 118997.
- Wang S., Wang Y., Lai C. (2024). Connectivity Reliability Evaluation and Most Reliable Shipping Route Choice in a Seaborne Crude Oil Network. *Heliyon*, 10: 36295.

Об авторе

Дмитрий Владимирович Буньковский

Доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры уголовного процесса, Восточно-Сибирский институт МВД России (Иркутск, Россия); профессор кафедры экономики предприятия и предпринимательской деятельности, Байкальский государственный университет (Иркутск, Россия). SPIN: 9821-8511; ORCID: 0000-0002-0673-9952.

Область научных интересов: экономика нефтегазохимического комплекса, промышленное предпринимательство, экономическая безопасность.

bdv611@yandex.ru

About the Author

Dmitry V. Bunkovskiy

Doctor of Economic Science, Associate Professor, Professor, Department of Criminal Procedure, East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation (Irkutsk, Russia); Professor, Department of Enterprise Economics and Entrepreneurship, Baikal State University (Irkutsk, Russia). SPIN: 9821-8511; ORCID: 0000-0002-0673-9952.

Research interests: economics of the oil, gas, and petrochemical industries, industrial entrepreneurship, economic security.

bdv611@yandex.ru

作者简介

Dmitry V. Bunkovskiy

经济学博士，副教授；俄罗斯联邦内务部东西伯利亚学院刑事诉讼教研室教授（俄罗斯，伊尔库茨克）；贝加尔国立大学企业经济与创业活动教研室教授（俄罗斯，伊尔库茨克）。SPIN: 9821-8511; ORCID: 0000-0002-0673-9952.

研究方向：油气化工产业综合体经济；工业创业；经济安全。

bdv611@yandex.ru