

Отзыв

члена диссертационного совета Седакова Артема Александровича
на диссертацию Цыганова Никиты Игоревича на тему «Оптимизация древесных
транспортных систем энергетических рынков», представленную на соискание ученой
степени кандидата физико-математических наук по научной специальности
1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика

Актуальность темы исследования. Актуальность диссертации определяется важнейшей ролью энергоресурсов в современной экономике и их влиянием на все сферы человеческой деятельности. Энергетические ресурсы, такие как природный газ, нефть и уголь, являются ключевыми компонентами для электроэнергетики, промышленности, транспорта, химической отрасли и теплоснабжения. Их доставка от мест добычи до потребителей осуществляется через сложные транспортные сети, представляющие собой многоузловые энергетические рынки. В условиях значительной доли транспортных затрат в конечной стоимости ресурсов для потребителей, задача снижения этих расходов через строительство новых или модернизацию существующих линий становится особенно актуальной. Однако такие преобразования требуют серьезных капитальных вложений, что делает необходимым разработку эффективных методов планирования развития транспортных систем. Одним из ключевых критериев такой оптимизации является общественное благосостояние рынка, которое учитывает суммарную полезность потребления ресурсов за вычетом затрат на добычу, транспортировку и развитие инфраструктуры. Максимизация этого показателя обеспечивает наибольший экономический эффект, распределяемый между всеми участниками рынка, что особенно важно для принятия стратегических решений в современной мировой экономике. Таким образом, исследование оптимизационных моделей энергоресурсов имеет высокую практическую значимость и способствует повышению эффективности функционирования энергетических рынков.

Научная новизна. Научная новизна диссертации заключается в доказательстве NP-трудности задачи оптимизации транспортной системы энергетического рынка и разработке алгоритмов для ее решения. В диссертации предложены полиномиальные алгоритмы для частных случаев рынков типа «цепочка» и методы решения, основанные на инвариантности структуры потока для сетей «звезда», «цепочка» и «звезда–цепочка». На примере рынка природного газа были созданы математические модели, которые позволяют оценивать транспортные и производственные затраты, а также прогнозировать спрос потребителей. Кроме того, была проведена оценка перспектив газификации Иркутской области и определены оптимальные планы развития газовой сети, учитывающие экологические факторы.

Степень достоверности. Приведенные в диссертации теоретические результаты математически строго обоснованы. Основные результаты опубликованы в авторитетных журналах по математическому моделированию, оптимизации и управлению, таких как *Journal of Global Optimization*, *International Journal of Public Administration*, «Доклады Академии наук». Результаты диссертации были представлены на специализированных научных мероприятиях, включая 30th European Conference on Operational Research (2019), IV Российский экономический конгресс (2020), Научную конференцию «Тихоновские чтения» (2019, 2021), а также на семинарах по математической экономике в Центральном экономико-математическом институте РАН (2019, 2023).

Теоретическая и практическая значимость работы. Результаты диссертации развивают теорию математической экономики, методов оптимизации и вычислительных технологий. Представленные алгоритмы обладают практической ценностью. Вместе с теоретически обоснованными утверждениями они могут быть использованы для планирования развития реальных рынков газа и нефти, а также адаптированы для решения других транспортных задач в близкой постановке и в других областях, таких как информационные системы.

Содержание работы. Диссертация написана на высоком математическом уровне, все основные положения в ней строго доказаны. Она хорошо структурирована и содержит ясные примеры, которые наглядно иллюстрируют теоретические выводы.

Диссертация состоит из введения, двух глав, заключения, списков литературы, иллюстраций, таблиц, условных обозначений и приложения.

В первой главе рассматриваются теоретические аспекты оптимизации транспортной системы энергетического рынка на основе анализируемой математической модели. В частности, показывается, что задача оптимизации является NP-трудной. Для ряда частных случаев задачи предлагаются алгоритмы поиска оптимального решения с оценкой их сложности. Также рассматриваются случаи, когда структура потока остается неизменной. Кроме того, решаются вспомогательные задачи, включая определение конкурентного равновесия.

Вторая глава носит прикладной характер. В ней демонстрируется возможность практического применения математической модели оптимизации транспортной системы энергетического рынка и созданных для нее алгоритмов. На основе данных о потреблении природного газа в Российской Федерации, в главе оцениваются функции транспортных затрат для нового газопровода, производственных издержек для газового месторождения, а также спроса на природный газ в негазифицированном районе. Также обсуждаются перспективы газификации Иркутской области.

Приложение содержит сводную информацию о рынке природного газа Иркутской области, включая полученные результаты моделирования.

Приведу некоторые **комментарии**.

1. Можно ли, исходя из сделанных предположений, утверждать, что конкурентное равновесие (1.12)–(1.13) единственно? Если нет, то верно ли будет заключить, что в случае существования нескольких равновесий и, как следствие, различий в структуре потока или ценах, выбор конкретного равновесия должен осуществляться либо менеджментом транспортной системы, либо регулирующим органом энергетического рынка?
2. Существуют энергетические рынки динамической природы, где динамический характер носит не только цена на ресурс, но и структура потока. Например, на рынках электроэнергии спрос и цена могут сильно различаться в разное время суток. Можно ли адаптировать подходы, предложенные в работе, к таким «динамическим» рынкам? И в какой степени это возможно?
3. При разработке математической модели для оценки перспектив газификации Иркутской области был сделан ряд упрощений. На странице 133 диссертации автор подчеркивает, что *«результаты проведенного анализа перспектив газификации Иркутской области не стоит воспринимать как некую рекомендацию, скорее как пример использования разработанных алгоритмов и методов»*. С одной стороны, это связано с отсутствием *«доступа к актуальным детализированным данным»*.

С другой стороны, вероятно, из-за того, что проблема была рассмотрена в статическом контексте для определенного периода времени. Учитывая предыдущий комментарий, динамическая постановка задачи могла бы сделать результаты моделирования более значимыми, хотя, безусловно, переход к динамической модели значительно усложнит анализ.

4. Использование верхних индексов сразу после цифр кажется не самым удачным решением (например, см. стр. 85, 89, 90 и др.).

Отмеченные комментарии не снижают общей положительной оценки диссертации, которая содержит интересные и оригинальные результаты и, как уже отмечалось, выполнена на высоком математическом уровне.

Диссертация Цыганова Никиты Игоревича на тему: «Оптимизация древовидных транспортных систем энергетических рынков» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Цыганов Никита Игоревич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета

Доктор физико-математических наук, доцент,
профессор Кафедры математической теории игр
и статистических решений Санкт-Петербургского
государственного университета

 А. А. Седаков

27 февраля 2025 г.