



## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Проскурникова Антона Викторовича на диссертацию **Цыганова Никиты Игоревича** на тему «*Оптимизация древовидных транспортных систем энергетических рынков*», представленную на соискание ученой степени **кандидата физико-математических наук** по научной специальности **1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика.**

Диссертационная работа Цыганова Н. И. (далее по тексту – соискатель) посвящена задачам оптимизации транспортных систем применительно к энергетическим рынкам, а также применение полученных алгоритмов оптимизации транспортным систем к практически значимой задаче оценки перспектив газификации регионов.

Диссертация состоит из введения, заключения и двух глав, а также вспомогательных разделов (списки обозначений, иллюстраций, таблиц, литературы, приложение с таблицами). Следует отдельно отметить высокий уровень организации численных данных и качество иллюстраций, показывающий квалификацию соискателя. Результаты диссертации опубликованы в 10 работах, среди которых 3 изданы в журналах, рекомендованных ВАК, в диссертации отражен личный вклад соискателя в эти работы. Диссертация прошла апробацию на ряде всероссийских и международных конференций. Глава 1 вводит задачу оптимизации транспортной системы энергетического рынка, доказываемая, что в общем случае эта задача является NP-полной. Вместе с тем, в нескольких важных частных случаях – например, для графа типа цепочки -- она сводится к полиномиальному растущему (с ростом числа узлов) набору задач выпуклой оптимизации. Более того, каждая из этих выпуклых оптимизационных задач, как доказано в диссертации, также может быть решена за квадратичное (от числа узлов) время, если основные функции, входящие в задачу, состоят из конечного числа линейных функций. Глава 2 применяет результаты главы 1 к рынку газа в Российской Федерации, приведены методики расчета функций транспортных затрат и функций спроса в узлах сети. Последние выводятся исходя из некоторых «идеальных» геометрических предположений о структуре узла и расположении котельных в нем. Исследован вопрос о целесообразности газификации Иркутской области. В целом, диссертация сочетает высокий уровень математики и нетривиальные результаты с важными практическими приложениями, использующими реальные данные (что достаточно редко встречается в диссертациях по физико-математическим наукам).

### **Вопросы и замечания к диссертации.**

1. Имеется общее замечание, связанное со стилем оформления теорем. Для удобства чтения следовало бы явно в тексте каждой теоремы упоминать предположения, на которые она опирается (даже если таковых много). В диссертации эти предположения рассредоточены в тексте и не совсем понятно, какие из условий в



тексте существенны для соответствующей теоремы, а какие – нет. Если для теоремы 1, к примеру, можно понять из контекста, что ее предположения, по существу, и составляют параграф 1.2 (хотя и в ней следовало бы явно написать, что NP трудность установлена для конкретной функции полезности), то уже для теоремы 2 все не столь очевидно – опирается ли она на все введенные в разделе 1.3 условия или нет. Помимо этого, в теореме 4 следовало бы явно ввести постоянную  $M$ , которая далее упоминается в доказательстве, а сложность алгоритма более честно было бы написать, как  $O(MN^2)$ .

2. Помимо п.1, ввиду колоссального числа обозначений в работе следовало бы составить их таблицу или создать специальное приложение, где были бы собраны используемые символы (по аналогии со списком сокращений) и их определения.
3. Учитывая, что основная задача (1.5) сводится к задаче дискретной оптимизации функции на множестве подмножеств (1.7), естественно встает вопрос о том, не является ли эта функция монотонной и субмодулярной? Как известно, в этом случае (1.7), хотя и не допускает точного решения за полиномиальное время, однако допускает приближенное решение с помощью жадных алгоритмов, которые гарантируют достижение не менее чем  $1-1/e$  (примерно 63%) от максимума. Единственный раз субмодулярные функции упоминаются во введении.
4. В конце раздела 1.3 есть фраза о том, что сходимость алгоритма решения задачи (1.6) за квадратичное время показывает его преимущество перед стандартными итеративными методами выпуклой оптимизации. Здесь на самом деле нужны уточнения, поскольку мы имеем дело не с произвольными выпуклыми функциями, а кусочно-линейными. Не сводится ли, например, эта задача к большой задаче линейного программирования с дополнительными переменными (или несколькими LP)? Известно, что методы внутренней точки для линейного и строго выпуклого квадратичного программирования сходятся очень быстро (время сублинейно относительно размера задачи).

Кроме того, теорема 4, по-видимому, не применима в задачах из главы 2, поскольку там функции  $D_i$  не являются кусочно-линейными. Что можно сказать о сложности алгоритма из раздела 1.3.6 в этом? Будет ли он по-прежнему лучше стандартных алгоритмов выпуклой оптимизации?



**Politecnico  
di Torino**

Dipartimento  
di Elettronica  
e Telecomunicazioni

**ANTON PROSKURNIKOV**  
Associate Professor

## Заклучение

Резюмируя, можно утверждать, что 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»; в частности, нарушений п. 9 и 11 указанного Порядка мною **не выявлено**. Цыганов Никита Игоревич **заслуживает** присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.2.3.

Теоретическая информатика, кибернетика.

Член диссертационного совета  
Доктор физико-математических наук,  
ассоциированный профессор Туринского политехнического университета  
(Polytechnic University of Turin), Италия

Проскурников Антон Викторович

24/02/2025