

М. О. Емашев, А. В. Кайченев // Наука и инновации в Арктике : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Мурманск, 04–09 декабря 2023 года. – Мурманск: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Мурманский арктический университет", 2024. – С. 33-35.

2. Системы автоматического удаленного контроля технологическими процессами на базе средств автоматизации "ОВЕН" / А. В. Кайченев, А. А. Маслов, В. В. Яценко [и др.] // Наука и образование - 2019 : Материалы всероссийской научно-практической конференции, Мурманск, 15 ноября 2019 года. – Мурманск: Мурманский государственный технический университет, 2020. – С. 19-22.

3. CODESYS V3.5 Реализация нестандартных протоколов. Руководство пользователя 24.05.2022 версия 3.0 [Электронный ресурс]. – URL:[https://ftp.owen.ru/CoDeSys3/11\\_Documentation/03\\_3.5.11.5/CDSv3.5\\_UserProtocols\\_v.3.0.pdf](https://ftp.owen.ru/CoDeSys3/11_Documentation/03_3.5.11.5/CDSv3.5_UserProtocols_v.3.0.pdf) (дата обращения 03.02.2025).

4. User manual ADAM 4000 series. Data Acquisition Modules [Электронный ресурс]. – URL: [https://advdownload.advantech.com/productfile/Downloadfile1/1-2PIGU49/ADAM-4000\\_Series\\_User\\_manual\\_Ed.9\\_FINAL.pdf](https://advdownload.advantech.com/productfile/Downloadfile1/1-2PIGU49/ADAM-4000_Series_User_manual_Ed.9_FINAL.pdf) (дата обращения 03.02.2025).

УДК 62:519.816:519.237:620.9:[628.1]

## **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСНЫМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ПОТРЕБЛЕНИЯ**

Капанский Алексей Александрович  
ГГТУ им. П.О. Сухого, г. Гомель, Республика Беларусь  
[kapanski@mail.ru](mailto:kapanski@mail.ru)

Аннотация: Оптимизация энергопотребления в сложных технических системах требует учета территориального распределения нагрузки. В статье на примере системы водоснабжения предложена методология географического анализа потребления ресурсов для выделения зон обслуживания с учетом пространственного распределения потребителей. Такой подход позволяет глубже понять территориальные кластеры потребления, формировать оптимальные стратегии управления, а также обоснованно планировать размещение устройств мониторинга. Методология применима к различным ресурсным системам, в том числе электро, тепло- и газоснабжению.

Ключевые слова: пространственная кластеризация; оптимизация; географическая сегментация; метод Уорда; управления ресурсами водоснабжения; силуэтный коэффициент; планирование инфраструктуры.

## **ENERGY EFFICIENT MANAGEMENT OF RESOURCE SYSTEMS BASED ON TERRITORIAL ANALYSIS OF CONSUMPTION DATA**

Kapansky Aleksey Aleksandrovich

Sukhoi State Technical University of Gomel, Gomel, Republic of Belarus

kapanski@mail.ru

**Abstract:** Optimization of energy consumption in complex technical systems requires consideration of territorial load distribution. This paper presents a methodology for geographic analysis of resource consumption using a water supply system as an example to identify service zones based on the spatial distribution of consumers. This approach provides a deeper understanding of territorial consumption clusters, facilitates the development of optimal management strategies, and enables well-founded planning for the placement of monitoring devices. The methodology is applicable to various resource systems, including electricity, heating, and gas supply.

**Keywords:** spatial clustering; optimization; geographic segmentation; Ward's method; resource management in water supply; silhouette coefficient; infrastructure planning.

Современные системы ресурсоснабжения представляют собой сложные инфраструктурные комплексы, эффективность которых зависит от рационального управления, минимизации потерь и оптимизации режимов работы оборудования [1]. Важнейшими задачами остаются снижение эксплуатационных затрат, повышение надежности и обеспечение устойчивого функционирования в условиях растущего потребления. На примере водоснабжения эти проблемы проявляются особенно остро. Городские водопроводные сети, как и любые ресурсные системы, требуют точного понимания распределения потребителей на территории города, что является важным для эффективного распределения нагрузки водозаборов и оптимизации их режимных параметров.

На сегодняшний день большинство ресурсных систем обладает необходимыми данными для территориального анализа потребителей. В исследовании особое внимание сосредоточено на геопространственных данных (долгота, широта) и объемах водопотребления Гомеля (Республика Беларусь), что позволило сгруппировать потребителей и провести территориальный анализ с учетом особенностей городской инфраструктуры. Проводимое исследование включало несколько этапов: комплексный анализ системы водоснабжения, сбор и подготовка данных о подаче воды и водопотреблении крупных объектов с привязкой к географическим

координатам, а также оцифровку и интеграцию информации в единую систему. На финальном этапе методом иерархической кластеризации были выделены территориальные группы потребителей, различающиеся по расположению и нагрузке на инфраструктуру.

Для разделения данных в исследовании использовался метод агломеративной кластеризации [2]. На первом этапе анализа после объединения данных по группам с применением алгоритма Уорда использовался метод отсечения, который заключался в проведении горизонтальной линии через иерархическую дендрограмму на определенном уровне, где наблюдался значительный разрыв между кластерами. Проведение линии отсечения позволила зафиксировать четкое выделение кластеров на этом уровне и тем самым предварительно определить оптимальное количество групп для дальнейшего анализа. Для дополнительной оценки качества кластеризации использовался силуэтный коэффициент, который позволил оценить, насколько хорошо каждый объект классифицирован в свой кластер по сравнению с другими.

В результате было выделено четыре основных кластера (рис. 1), каждый из которых обладал уникальными характеристиками. Кластер 1 охватывал юго-западную часть города, включая район с жилыми массивами, промышленными объектами, учреждениями здравоохранения и образования (27,4% от общего числа объектов). Кластер 2 расположился в южной части города, которая характеризуется менее плотной застройкой и включает преимущественно жилые и пригородные зоны (11,2%). Кластер 3 охватывал северо-восточную часть города, включая железнодорожный район (17,0% объектов). Кластер 4, расположенный в центре города, отличался высокой плотностью застройки и преимущественно включал университеты и торговые центры, охватывая 44,4% объектов потребления.

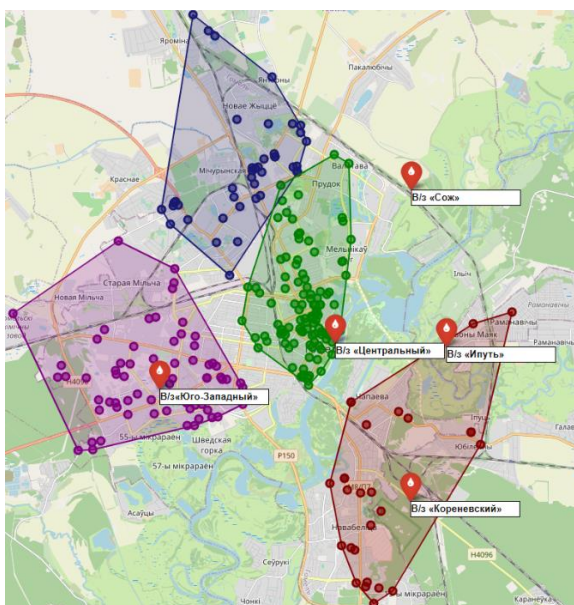


Рис. 1. Кластеризация объектов водопотребления по географическим данным

## ИСТОЧНИКИ

1. Optimize the cost of paying for electricity in the water supply system by using accumulating tanks / A. Kapanski, N. Hruntovich, S. Bakhur [et al.] // E3S Web of Conferences, Prague, 14–15 мая 2020 года. – Prague, 2020. – P. 01065. – DOI 10.1051/e3sconf/202017801065. – EDN CSSMKC.

2. Kapanski, A.A.; Klyuev, R.V.; Boltrushevich, A.E.; Sorokova, S.N.; Efremkov, E.A.; Demin, A.Y.; Martyushev, N.V. Geospatial Clustering in Smart City Resource Management: An Initial Step in the Optimisation of Complex Technical Supply Systems. Smart Cities 2025, 8, 14. <https://doi.org/10.3390/smartcities8010014>.

УДК 621.182

### ТЕПЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРОВОГО КОТЛА ПРИ РАБОТЕ НА СИНТЕЗ-ГАЗЕ

Клейн Евгений Васильевич, Гурова Мария Владимировна, Мингалеева Гузель Рашидовна  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия  
zombee1997@mail.ru, volvo.gur80@yandex.ru, mingaleeva-gr@mail.ru

Аннотация: В данной статье рассматривается возможность перевода котельного агрегата с работы на природном газе, на работу на синтез-газе. Производится тепловой расчет, расчет параметров горения и сравнительный анализ работы котла на природном и синтез-газе. Выявлено существенное увеличение расхода синтез-газа за счет его низкой теплотворной способности при практически неизменном расходе воздуха. Длина факела при сжигании синтез-газа с высоким содержанием водорода более чем в четыре раза превышает аналогичный параметр при использовании природного газа.

Ключевые слова: паровой котёл; топливо; синтез-газ; природный газ; тепловой расчет.

### CALCULATION OF THE STEAM BOILER WHEN WORKING ON SINTEZ-GAS

Klein Evgeny Vasilyevich, Gurova Maria Vladimirovna, Mingaleeva Guzel Rashidovna  
KSPEU, Kazan, Russia  
zombee1997@mail.ru, volvo.gur80@yandex.ru, mingaleeva-gr@mail.ru