

Набор данных для прогнозирования потребления природного газа на объектах газотранспортной системы

Н. А. Цыганюк, Е. Ю. Белова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

E-mail natsygyanyuk@stud.etu.ru, eyshukeylo@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена формированию набора данных для последующего прогнозирования потребления природного газа на объектах газотранспортной системы. В процессе работы проведен анализ существующих подходов к прогнозированию временных рядов, на основе которых определены требования к структуре данных с учётом многомерных и пространственно-временных признаков. Сбор данных осуществляется с узлов учета газа, предоставляющих информацию об объемах потребления, температуре и давлении газа, а также временных и пространственных характеристиках с учётом таких особенностей, как пропуски, шумы и неоднородность измерений. В итоге сформирован набор признаков, включающий исходные и производные параметры, позволяющие учитывать сезонные и краткосрочные изменения в потреблении газа. Предварительная оценка показала, что набор данных может быть использован при создании прикладных систем прогнозирования потребления газа и поддержки принятия решений в области эксплуатации и управления объектами газотранспортной системы.

Ключевые слова: нестационарные временные ряды, газопотребление, набор данных, предобработка данных, многомерные данные

I. ВВЕДЕНИЕ

Прогнозирование нестационарных временных рядов зачастую сопряжено со следующими проблемами:

- Учет только одномерных временных рядов.
- Необходимо тщательно учитывать пропуски и шумы в данных.
- Недостаточная адаптивность к выбросам.
- Необходимость больших объемов данных.

Например, в работе Abumohsen M. и др. отмечается то, что использование одномерных временных рядов для прогнозирования является недостатком [1].

На текущий момент существует не так много наборов данных по потреблению газа в открытых источниках. Зачастую они неполные или не описывают возможные признаки, которые влияют на потребление газа. Одним из наиболее используемых наборов является GasDemand (Hugging Face) [2]. Он представляет собой набор по часовому потреблению газа в нескольких странах Европы. Однако, он содержит в себе лишь данные по потреблению газа и лишен метаданных об устройствах, считывающих показатели потребления, в нем отсутствует информация о местоположении устройств,

погодных характеристиках, которые могут влиять на показатели потребления в тот или иной момент времени. Также в нем не указаны единицы измерения потребления. Во многих других открытых источниках также присутствуют эти проблемы и несколько других, которые могут затруднить анализ газопотребления:

- Географическая разреженность: данные агрегируются по странам или домам; нет разбиения по конкретным объектам сети газопотребления.
- Нет паспортных данных: не известны модели счётчиков или корректоров, их класс точности и дата поверки, что усложняет оценку достоверности измерений.
- Отсутствие погодных показателей на даты проведения измерений.

Наличие этих показателей могло бы дать более полную картину газопотребления для анализа.

В России официальные источники зачастую публикуют лишь сводную статистику (годовые отчёты по регионам), но не данные измерений. Они могут использоваться лишь для приблизительного прогнозирования потребления газа и используются скорее для отчетности.

Цель данной работы — создание набора данных для анализа и последующего использования в задачах прогнозирования газопотребления на объектах газотранспортной системы.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- Определить состав УИРГ и приборные особенности архивов.
- Установить перечень измеряемых и вычисляемых величин.
- Составить структуру набора данных и обязательные метаданные.
- Провести предобработку и контроль качества с учётом пропусков, шумов и неоднородностей измерений.

II. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Узел измерений расхода газа (УИРГ) в нормативных определениях рассматривается как совокупность средств измерений и обработки результатов, предназначенная для вычисления объёма газа, приведённого к

стандартным условиям, контроля и регистрации параметров, а при необходимости — определения физико-химических показателей газа. Терминологически важно различать «счётчик» (измеряет/регистрирует объём при рабочих условиях) и «корректор» (использует выходной сигнал счётчика, измеряет температуру/давление и вычисляет объём при стандартных условиях с учётом условно-постоянных параметров). Эти определения нужны для корректных признаков набора данных и устранения неоднозначностей при интеграции разных типов узлов учёта. [3]

Нормативные требования к составу УИРГ (в актуальных стандартах организаций и отраслевых документах) фиксируют не только перечень компонентов, но и перечень параметров, которые должны автоматически определяться и сохраняться в архивах за отчётные периоды. В частности, указывается необходимость архивирования расхода/объёма при рабочих условиях и при стандартных условиях, давления (абсолютного/избыточного и атмосферного), температуры, компонентного состава, плотности при стандартных условиях и коэффициента сжимаемости. В том же контуре требований описывается базовый состав УИРГ: первичный преобразователь расхода, вычислитель, преобразователи давления и температуры, а также элементы измерительного трубопровода (включая прямолинейные участки) и, при необходимости, устройства подготовки потока. [4]

В качестве приборов для данного набора использованы модели ВКГ-3Т, ЕК270 и СПГ761, так как они представлены в большом количестве в источнике данных. Разные модели также могут сыграть роль в сравнении потребления и в определении качества данных. Приборная неоднородность — ключевой источник неоднородности данных. Для примера, вычислители ВКГ-3Т преобразуют сигналы измерительных преобразователей температуры, давления и объёма газа в рабочих условиях и затем определяют расход/объём, приведённый к стандартным условиям, что требует чёткого разделения в датасете «измерено» vs «вычислено» и фиксации типа входного датчика. [5] Корректоры ЕК270 предназначены для приведения объёма природного газа к стандартным условиям на основе измеренных температуры и давления и вычисленного коэффициента сжимаемости; в документации также фиксируются стандартные условия ($T=293,15$ К; $P=0,101325$ МПа), связь вычислений с ГОСТ 30319.2, а также пределы допускаемых погрешностей (например, давление $\pm 0,35\%$, температура $\pm 0,1\%$). [6]

Корректоры СПГ761 поддерживают широкий спектр входных сигналов и датчиков, включая преобразователи давления/температуры/расхода/перепада давления с токовыми выходами 0–20/4–20 мА и термопреобразователи сопротивления (Pt100/и др.), что диктует необходимость в датасете унифицированного описания типа сигнала, диапазона и характеристик входного канала. [7]

Связность данных и их регулярность определяются не только прибором, но и требованиями к телеметрии. В типовых технических условиях на проектирование узла измерений расхода газа фиксируются требования поставщика к ежедневной беспроводной передаче

данных, параметрам связи (режим пакетной передачи по 3G/Edge/GPRS, доступ по фиксированному IP), а также рекомендации по выбору вычислителей/корректоров и компоновке узла (включая фильтрацию механических примесей перед счётчиком и ограничения на байпасную линию).

III. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате работы сформирована структура набора данных, представленная в табл. I и II. Такой формат напрямую соответствует требованию, чтобы УИРГ формировал и сохранял в архивах комплекс параметров за отчётные периоды, а также поддерживал сбор и передачу информации в автоматизированные системы. Табл. I содержит в себе признаки, непосредственно касающиеся показателей потребления газа, а именно его давление и температуру, и сам объём потребления.

ТАБЛИЦА I. ОСНОВНЫЕ АТРИБУТЫ

Признак	Тип	Назначение
Device_id	Целое число	Внутренний идентификатор устройства
Device_model_id	Целое число	Идентификатор модели устройства
dt	Время	Время измерения параметров
p	Дробное число	Давление газа
t	Дробное число	Температура газа
v	Дробное число	Объём газа
weather_t	Дробное число	Температура воздуха
holiday	Флаг	Является ли день праздничным

Табл. II содержит технологические параметры устройств, с которых собираются данные: модель устройства, координаты, паспортные погрешности в измерении соответствующих показателей.

ТАБЛИЦА II. АТРИБУТЫ УСТРОЙСТВА

Признак	Тип	Назначение
device_code	Строка	Код устройства
Device_id	Целое число	Внутренний идентификатор устройства
Device_model_id	Целое число	Идентификатор модели устройства
longitude	Дробное число	Местоположение устройства (долгота)
latitude	Дробное число	Местоположение устройства (широта)
Error_t	Дробное число	Погрешность измерения температуры газа
Error_v	Дробное число	Погрешность измерения объёма газа
Error_p	Дробное число	Погрешность измерения давления воздуха
Cons_type	Целое число	Тип потребителя

На текущий момент в сформированном наборе имеются данные по устройствам по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области. В дальнейшем планируется дополнить набор данными по Тюменской области, Ханты-Мансийскому автономному округу. В сформированном наборе данных отсутствует коммерческая тайна, координаты устройств слегка

изменены, чтобы нельзя было определить точное местоположение. Стадии сбора данных приведены на рис. 1.



Рис. 1. Стадии сбора данных

На первой стадии проведен сбор и анализ технологических параметров устройств, с которых собираются данные: модель прибора, погрешности. На второй стадии произведена выгрузка суточных архивов показаний потребления газа: общий объем, температура и давление газа. На третьей стадии проведена нормализация полученных данных. На четвертой стадии убраны пропуски данных, удалены выбросы и дубликаты в показателях. В конечном итоге сформирован нормализованный и оптимизированный набор данных.

IV. Дискуссия

Предложенный многомерный набор данных учитывает современные требования к прогнозированию энергопотребления. Наличие пространственных признаков (координаты узлов, принадлежность к промышленной или жилой зоне) позволяет применять методы, учитывающие географические различия в паттернах спроса. Включение временных индикаторов (день недели, сезон, праздники) и метео-признаков делает модель адаптивной к внешним условиям. Предобработка данных (фильтрация выбросов, заполнение пропусков) повышает качество рядов перед обучением.

Согласно производственному опыту, такой подход улучшает надёжность прогнозов. Например, описанный программный модуль ПрАО «АТГС» с учётом температуры и календаря достигает ошибки прогноза всего 10–15% [8]. Полученный набор данных может быть интегрирован в системы поддержки решений

диспетчеризации, поскольку он даёт модели все необходимые входные параметры. Это согласуется с выводами Svoboda и др., которые подчёркивают важность комплексного учета сезонности, трендов и внешних факторов для надёжного прогнозирования энергопотребления [9].

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе разработан и описан структурированный набор данных, который в дальнейшем может применяться для прогнозирования газопотребления на объектах ГТС. На основании анализа литературы были сформулированы требования (учёт нестационарности, сезонности, пространственно-временных признаков) и собраны соответствующие параметры: объёмы расхода газа, температура и давление среды, географические и временные факторы. Проведена предобработка данных (очистка выбросов, заполнение пропусков) для обеспечения их качества. Полученный набор данных обеспечивает дальнейшую возможность анализа потребления газа и его прогнозирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Abumohsen M. et al. Hybrid machine learning model combining of CNN-LSTM-RF for time series forecasting of Solar Power Generation // *e-Prime-Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*. 2024. Vol. 9.
- [2] Wang H. et al. Natural gas consumption forecasting model based on feature optimization and incremental long short-term memory // *Sensors*. 2025. Т. 25. №. 10. С. 3079.
- [3] ГазпромИнфо. Термин «Режим потребления газа». URL: <https://www.gazprominfo.ru/terms/consumption/> (дата обращения: 05.04.2026).
- [4] ГОСТ Р 8.915-2016. Государственная система обеспечения единства измерений. Объемный расход и объем природного газа. Методика (метод) измерений с применением мембранных и струйных счетчиков газа. Введ. 2017–04–01. Москва: Стандартинформ, 2016. 28 с.
- [5] СТО Газпром газораспределение 2.4-13-1-2025. Проектирование, строительство и эксплуатация объектов газораспределения и газопотребления. Узлы измерений расхода газа. Общие технические условия. – Санкт-Петербург: АО «Газпром газораспределение», 2025.
- [6] Описание типа ВКГ-3Т (корректор расхода газа). Электронный ресурс: <https://teplocom.nt-rt.ru/images/manuals/k9.pdf> (дата обращения: 05.04.2026). Электронный ресурс: <https://stream-gas.ru/docs/EK270/EK270.pdf>
- [7] Руководство по эксплуатации корректоров EK270. URL: <https://stream-gas.ru/docs/EK270/EK270.pdf> (дата обращения: 05.04.2026).
- [8] Электронный ресурс <https://www.atgs.ru/products/spurt/dispatcherskiy-punkt-dp-lpumg#:-:text=Анализ%20результатов%20работы%20модуля%20проводился,15>
- [9] Svoboda R. et al. A natural gas consumption forecasting system for continual learning scenarios based on Hoeffding trees with change point detection mechanism // *Knowledge-Based Systems*. 2024.