

Министерство науки и образования РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО  
«Сибирский федеральный университет»  
институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
А.С. Торопов  
подпись      инициалы, фамилия  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
код и наименование специальности

Анализ потребления электроэнергии респондентами  
Усть-Абаканского района  
наименование темы

Руководитель	_____	доцент каф. «ЭМиАТ», к.э.н	<u>Н.В. Дулесова</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>Н.С. Василевский</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____		<u>И.А Кычакова</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Абакан 2024

Министерство науки и образования РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО  
«Сибирский федеральный университет»  
институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
А.С. Торопов  
подпись      инициалы, фамилия  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ  
в форме бакалаврской работы**

Студенту Василевскому Никите Сергеевичу  
(фамилия, имя, отчество)

Группа ХЭн 20-01 (10-1) Направление (специальность) 13.03.02  
номер код  
«Электроэнергетика и электротехника»  
наименование

Тема выпускной квалификационной работы Анализ потребления электроэнергии респондентами Усть-Абаканского района

Утверждена приказом по институту №259 от 07.05.2024 г.

Руководитель ВКР Дулесова Н.В., к.э.н. доцент кафедры «ЭМиАТ»  
(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для ВКР количество абонентов; значения объемов потреблённой домохозяйствами электрической энергии; бытовые характеристики домохозяйств

Перечень разделов ВКР:

Введение

1 Теоретическая часть

1.1 Определение безучетного потребления электроэнергии

1.2 Выявление и способы борьбы с недобросовестными потребителями

1.3 Назначение, структура и возможности модулей IBM SPSS

1.3.1 Корреляционный анализ

1.3.2 Прогнозирование временных рядов

2 Аналитическая часть

2.1 Анализ безучетного потребления электроэнергии респондентами Усть-Абаканского района

2.1 Анализ электропотребления абонентов Усть-Абаканского РЭС

2.2 Корреляционный анализ данных

3 Практическая часть

3.1 Кластерный анализ потребителей электроэнергии

3.2 Прогнозирование временных рядов

Заключение

Список использованных источников

Перечень графического материала:

1. Анализ потребления электроэнергии

2. Корреляционный и кластерный анализы

3. Прогнозирование временных рядов

Руководитель ВКР

подпись

/Н.В. Дулесова

инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

подпись

/Н.С. Василевский

инициалы, фамилия

20.02.2024г.

## РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа на тему «Анализ безучетного потребления электроэнергии респондентами Усть-Абаканского района» содержит 45 страниц текстового документа, 25 использованных источников.

СТРУКТУРА, РЕСПОНДЕНТЫ, ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, АНАЛИЗ, СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ.

Актуальность выбранной темы состоит в необходимости использования методики, которая позволяет выявить безучетное потребление электроэнергии для домохозяйств на основе анализа статистических данных.

Исследовательский объект - статистические данные о потреблении электроэнергии у потребителей ПС «Ташеба-Сельская» №27.

Предмет исследования - технологии, методы и способы анализа.

Основная цель выпускной квалификационной работы (ВКР) - провести анализ электропотребления респондентов для выявления безучетного потребления электроэнергии.

Для достижения этой цели решаются следующие задачи:

- теоретическое обоснование методов и технологий обработки данных;
- проведение мониторинга электропотребления домохозяйств подстанции «Ташеба-Сельская» №27;
- обоснование использования информационных технологий для анализа;
- проведение анализа электропотребления с использованием современного программного обеспечения;

В ходе разработки разделов ВКР были получены следующие результаты:

- результаты статистического анализа электропотребления домохозяйств;
- метод выявления недобросовестных потребителей электроэнергии;
- Практическая значимость: использование методик для выявления недобросовестных потребителей электроэнергии специалистами ПАО «Россети» - «Хакасэнерго».

## THE ABSTRACT

The bachelor's thesis on the topic "Analysis of unaccounted-for electricity consumption by respondents of Ust-Abakan district" contains 45 pages of a text document, 25 sources used.

STRUCTURE, RESPONDENTS, ELECTRICITY CONSUMPTION, ANALYSIS, STATISTICAL METHODS, FORECASTING.

The relevance of the chosen topic lies in the need to use a methodology that allows for the identification of unaccounted electricity consumption by households based on statistical data analysis.

The research object is statistical data on electricity consumption by consumers of PS «Tasheba-selskaya» № 27.

The subject of the research is the technologies, methods, and ways of analysis.

The main goal of the final qualifying work (FQW) is to analyze the electricity consumption of respondents to identify unaccounted electricity consumption.

To achieve this goal, the following tasks are addressed:

- theoretical justification of methods and technologies for data processing;
- monitoring electricity consumption of households at the «Tasheba-selskaya» № 27;
- justification of the use of information technologies for data analysis;
- conducting an analysis of electricity consumption using modern software;

In the course of developing the sections of the FQW, the following results were obtained:

- results of the statistical analysis of household electricity consumption;
- method for identifying dishonest electricity consumers;

Practical significance: application of methods for identifying dishonest electricity consumers by specialists of PJSC «Rosseti» - «Khakasenergo»

## СОДЕРЖАНИЕ

1.2 Выявление и способы борьбы с недобросовестными потребителями .....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 Теоретическая часть.....	9
1.1 Определение безучетного потребление электроэнергии .....	9
1.2 Выявление и способы борьбы с недобросовестными потребителями....	10
1.3 Методики, используемые для выявления безучетного электропотребления .....	11
1.3.1 Корреляционный анализ .....	11
1.3.2 Прогнозирование временных рядов .....	12
1.4 Назначение, структура и возможности модулей IBM SPSS .....	13
2 Аналитическая часть.....	15
2.1 Анализ безучетного потребления электроэнергии респондентами Усть- Абаканского района .....	15
2.2 Корреляционный анализ данных .....	26
3 Практическая часть .....	35
3.1 Кластерный анализ потребителей электроэнергии .....	35
3.2 Прогнозирование временных рядов .....	36
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	42
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	43

## ВВЕДЕНИЕ

Сетевые электроснабжающие организации повседневно сталкиваются с неучтенным потреблением электроэнергии, что приводит к финансовым потерям и общему росту тарифов на электроэнергию. Выявление недобросовестных потребителей и компенсация понесенных в результате финансовых потерь электроснабжающих организаций является, несомненно, актуальной задачей.

Договор энергоснабжения регулирует отношения в части подачи и оплаты электрической энергии. Однако учет и расчет за неучтенную электроэнергию остается неурегулированным вопросом. В таких условиях возникает необходимость в разработке нормативных и методических документов, которые помогут выявить неучтенное потребление электроэнергии [1].

Актуальность темы обусловлена необходимостью выявления безучетного потребления электроэнергии респондентами на основе анализа статистических данных об электропотреблении. [2]

Работа заключается в анализе данных о потреблении электроэнергии респондентами Усть-Абаканского района. Анализ поможет избежать финансовые потери и повысить стабильности энергосистемы. В исследовании рассматриваются технологии, способы и методы разработки методики.

Целью выпускной квалификационной работы (ВКР) является создание методики для выявления безучетного потребления электроэнергии. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- предоставление теоретического обоснования методов и технологий обработки данных;
- мониторинг электропотребления домохозяйствами Усть-Абаканского района;
- обоснование возможности применения информационных технологий интеллектуального анализа данных;

- выполнение анализа электропотребления с применением информационных технологий;

- апробировать методику на примере домохозяйств Усть-Абаканского района.

В течение проработки разделов ВКР были получены:

- результаты статистического анализа электропотребления домохозяйствами;

- методика, позволяющая выявлять недобросовестных абонентов, потребляющих электроэнергию;

Научная новизна исследования заключается в применении современной информационной технологии SPSS интеллектуального анализа данных.

Практическая значимость работы – обусловлена тем, что современные информационные технологии позволяют выявить недобросовестных потребителей электроэнергии, а методика их выявления может быть использована специалистами ПАО «Россети» - «Хакасэнерго».

## **1 Теоретическая часть**

### **1.1 Определение безучетного потребления электроэнергии**

Безучетное или бездоговорное потребление электроэнергии несомненно является одной из наиболее значимых проблем для электросетевых и сбытовых компаний во всем мире, и несет как финансовый ущерб, так и повышение тарифов на электроэнергию. [3]

Недобросовестных потребителей делят на тех, кто потребляет электроэнергию без приборов учета, такое потребление называют безучетное и на тех, кто оформил подключение к системе электроснабжения, не заключив при этом договор энергоснабжения, такое потребление называют бездоговорным.

В соответствии с Конституцией Российской Федерации во исполнение Федерального закона «Об электроэнергетике» принято постановление Правительства РФ от 4 мая 2012 г. N 442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» (с изменениями и дополнениями от 29 марта 2024 г.), в соответствии с абзацем шестнадцать пункта 2 безучетное потребление выражается:

– во вмешательстве в работу: приборов учета, измерительного комплекса, измерительных трансформаторов тока и напряжения, систем учета, компонентов интеллектуальной системы учета электрической энергии.

– в нарушении целостности прибора учета, измерительного комплекса, измерительных трансформаторов, системы учета, компонентов интеллектуальной системы учета электрической энергии.

– в повреждении пломб, знаков визуального контроля прибора учета, измерительного комплекса, измерительных трансформаторов, систем учета, компонентов интеллектуальной системы учета электрической энергии.

- в нарушении целостности и сохранности приспособлений, препятствующих доступу к приборам учета.

- в подключении энергопринимающих устройств до точки измерения прибором учета в границах балансовой принадлежности потребителя и в границах земельного участка потребителя. [4]

## **1.2 Выявление и способы борьбы с недобросовестными потребителями**

К распространенным случаям воровства электроэнергии относят скрытую проводку, подключение до счетчика, набросы на линии электропередач и т.д. Для контроля безучетного потребления электроэнергии используют два практических подхода:

- регулярный мониторинг приборов учета;
- своевременное обнаружение кражи электроэнергии.

Способы борьбы с хищением электроэнергии подразумевают регулярный визуальный контроль подключений и показаний приборов учета, а также опломбирование счетчиков стандартными или магнитными пломбами. [5]

Благодаря автоматизированной системе контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) решается проблема сбора показаний счетчиков, и вероятность сокрытия части потребленной электроэнергии. Но повсеместное внедрение данной системы сопряжено с рядом определенных трудностей, да и стоимость системы довольно высока. С внедрением современных информационных систем повышается и уровень экспертизы, что влияет и на эффективность выявления недобросовестных потребителей. [6]

Так же применяется и аналитический подход:

- Регулярная сверка показаний общих по направлениям счетчиков с суммарными показаниями отдельных потребителей по группам и нагрузкам.

– Обнаружение стабильно низких показаний из месяца в месяц может указывать на кражу электроэнергии, когда потребитель заранее определил объем для оплаты.

– При использовании АСКУЭ — выявление несоответствий между показаниями счетчиков и внешними условиями. Например, нет потребления по счетчику, но участок ярко освещен.

– Проверка нагрузки токовыми клещами или мультиметром на соответствие внешним условиям. Например, фиксируется высокая нагрузка, а счетчик этого не показывает. [7]

В основном аналитические методы подразумевают анализ выходных данных потребления электроэнергии. Персонал, обслуживающий приборы учета, занимается регулярным сбором показаний. После чего, все полученные показания заносятся в программу системного анализа (SAP), содержащую общую базу данных о потреблении электроэнергии.

Средства интеллектуального анализа все время совершенствуются и дополняются новыми методами анализа данных об электропотреблении

### **1.3 Методики, используемые для выявления безучетного электропотребления**

#### **1.3.1 Корреляционный анализ**

Корреляционный анализ представляет собой метод статистической обработки, который изучает коэффициенты корреляции между переменными.

Итогом корреляционного анализа будет являться либо наличие корреляции, либо её отсутствие. [8]

В случае установления зависимости между переменными речь идет об их коррелированности, то есть при изменении значения  $X$  обязательно будет наблюдаться пропорциональное изменение значения  $Y$ .

Статистическая величина, характеризующая характер изменения двух переменных, получила название коэффициента корреляции [9].

Значения коэффициентов корреляции и их интерпретация представлены в таблице 1.3.1.

Таблица 1.3.1 – Значения корреляции

Значение коэффициента	0,1-0,3	0,3-0,5	0,5-0,7	0,7-0,9	0,9-1,0
Интерпретация	Слабая	Средняя	Заметная	Высокая	Весьма высокая

Корреляционный анализ данных выполним в программном обеспечении SPSS.

Пакет SPSS – программный комплекс, разработанный для статистической обработки данных. Он позволяет обрабатывать и анализировать большой объём информации. Анализ можно отобразить в виде таблиц либо диаграмм различных форматов, есть возможность внедрять полученные результаты в другие программные системы. Последние версии продукта обладают мощным функционалом и инструментами, ускоряющими процесс, позволяют быстрее выявлять важную информацию, дать более точные прогнозы и обеспечивать большую эффективность аналитики при решении различных задач. [10]

### 1.3.2 Прогнозирование временных рядов

Временные ряды представляют собой последовательность данных, упорядоченных во времени. Анализ таких данных позволяет выявлять закономерности как на среднесрочных временных отрезках (до нескольких месяцев), так и на долгосрочных (несколько лет), на основе тренда появляется возможность прогнозирования будущих значений. [11]

Существует три статистических метода прогнозирования:

- статистические методы прогнозирования;
- методы экспоненциального сглаживания;

– модели авторегрессии.

Одним из основных статистических методов прогнозирования временных рядов является SMA-метод простого скользящего среднего, этот метод используется для быстрого определения тренда движения.

Метод экспоненциального сглаживания основывается на предположении, что будущие значения временного ряда зависят от его прошлых значений, причем более свежие данные имеют больший вес. Существует несколько вариаций метода экспоненциального сглаживания: включая простое экспоненциальное сглаживание (тренд), двойное экспоненциальное сглаживание (сезонность) и тройное экспоненциальное сглаживание (учет погрешностей). Идея этого метода заключается в придании большего веса свежим данным, по мере того как наблюдения стареют, их важность экспоненциально уменьшается.

Модели авторегрессии учитывают три компонента:

- компонент тренда (Trend);
- сезонный компонент (Seasonal);
- погрешность (Error).

Гибридная модель ARIMA – авторегрессионная интегрированная модель скользящего среднего, она учитывает зависимость текущих значений временного ряда от его предыдущих значений, так же связывает текущие значения с отклонениями предыдущих значений преобразует временной ряд в стационарный, то есть статистические свойства не зависят от времен. [12]

#### **1.4 Назначение, структура и возможности модулей IBM SPSS**

IBM SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) представляет собой комплекс программных инструментов для статистической обработки данных, используемых в социально-экономических и других исследованиях. Основное назначение SPSS – предоставление инструментов для анализа данных, выявления тенденций и закономерностей.

Структура SPSS позволяет пользователям выбирать и использовать только те функции, которые необходимы для выполнения конкретных задач, для этого разработана модульная система:

IBM SPSS Data Collection предназначен для организации процесса эффективного сбора данных посредством различных способов:

- телефонные опросы
- использование портативных устройств и
- интернет-опросы.

IBM SPSS Statistics – это система для решения бизнес- и исследовательских задач посредством анализа данных. Результаты могут быть представлены в виде таблиц и диаграмм.

IBM SPSS Modeler используется для создания прогнозируемых моделей на основе анализа данных. Этот модуль позволяет выявлять скрытые закономерности и предугадать будущие тенденции.

IBM SPSS Collaboration and Deployment Services обеспечивает интеграцию аналитических решений в бизнес-процессы. Этот модуль предназначен для быстрого и надежного внедрения аналитических моделей и результатов анализа в деятельность компании.

Основные возможности, которые предоставляет комплекс SPSS включают сбор, обработку и анализ данных, создание наглядных отчетов и диаграмм. SPSS поддерживает множество статистических методов и процедур, что делает его универсальным инструментом для решения широкого спектра задач в области статистики и аналитики данных. [13]

## 2 Аналитическая часть

### 2.1 Анализ безучетного потребления электроэнергии респондентами Усть-Абаканского района

В качестве исследуемых потребителей, питающихся от ПС «Ташеба-Сельская» №27 110/10 кВ выбираем домохозяйства Усть-Абаканского района, так как согласно базы систем учета, статистические данные по коммерческим потерям в данном населенном пункте наиболее высокие. [14]

Для анализа электропотребления по отдельным респондентам и выявления недобросовестных абонентов представим данные из системы учета по имеющимся потребителям и сведем данную информацию в единую базу данных. [15]

Поскольку база данных содержит более 400 абонентов, сделаем выборку по присоединяемому фидеру согласно территориальной застройке.

В таблице 2.1.1 приведен пример распределения потребителей электроэнергии, согласно фидерам и питаемой ВЛ 0,4 кВ.

Таблица 2.1.1 – Данные о подключении потребителей, ПС «Ташеба-Сельская» №27

№ респондента	Потребители по фидеру 27-05	Потребители по фидеру 27-10
ВЛ	ВЛ-0,4 кВ ф.2 от ТП-27-05-09	ВЛ-0,4 кВ ф.1 от ТП-27-10-36

Электроэнергия может использоваться по-разному, и чтобы понять, как она расходуется в домохозяйствах (полезный отпуск), нужно выяснить, как связано потребление электроэнергии с количеством комнат, количеством людей, которые живут в квартире, и её площадью, за последние четыре года.

Всю эту информацию мы представим в виде таблиц.

Оценка будет представлена в табличном формате.

Представим таблицу 2.1.2 в качестве примера.

Таблица 2.1.2 – Респонденты, питаемые от фидера 27-05 за 2023 год

Показатель	№ респондента					
	1	2	3	4	5	6
Количество проживающих	4	3	2	1	5	4
Количество комнат	3	3	3	3	3	3
Площадь	71.5	82	68.6	70.4	71.7	86
Январь	457	467	220	483	377	507
Февраль	395	143	511	338	574	409
Март	374	365	411	511	640	422
Апрель	380	157	204	241	270	256
Май	278	424	337	646	342	292
Июнь	310	240	219	316	243	302
Июль	286	523	254	125	382	332
Август	281	344	400	329	406	198
Сентябрь	371	295	387	470	545	226
Октябрь	484	276	400	565	652	160
Ноябрь	384	354	504	445	330	390
Декабрь	420	418	511	560	584	415

Проанализируем электропотребление домохозяйств согласно присоединению пофидерной разводки. [16]

Анализ выполним по годам с 2020 по 2023 г., результаты представим в таблице 2.1.3

Таблица 2.1.3 – Потребление электроэнергии домохозяйствами с 2020 по 2023 год.

<b>Фидер 27-05</b>				
год	2020	2021	2022	2023
январь	186809	221598	212337	228603
февраль	193556	181472	197536	217581
март	196224	148683	181472	192323
апрель	159876	150007	171982	184258
май	162947	161233	182662	201483
июнь	150913	166587	185754	162062
июль	142206	163077	180835	184301
август	129043	146230	135123	126951
сентябрь	138652	155772	143418	138854
октябрь	112423	142289	163318	164608
ноябрь	133017	164569	135166	211885.2
декабрь	241625	209252	235600	236355
<b>Фидер 27-10</b>				
год	2020	2021	2022	2023
январь	176907	208300	199236	212581
февраль	181450	173751	188487	210260
март	177687	139311	165847	180624
апрель	152904	140303	169182	179627
май	151980	150616	172980	188081
июнь	138385	158157	170926	154201
июль	134140	155844	170400	170112
август	119773	136150	128096	121475
сентябрь	127031	147714	132904	129394
октябрь	111100	134979	146042	155308
ноябрь	123063	152674	124678	201566.2
декабрь	224427	198340	216668	224453

Представим распределение потребления электроэнергии на рисунках 2.1.1 и 2.1.2.

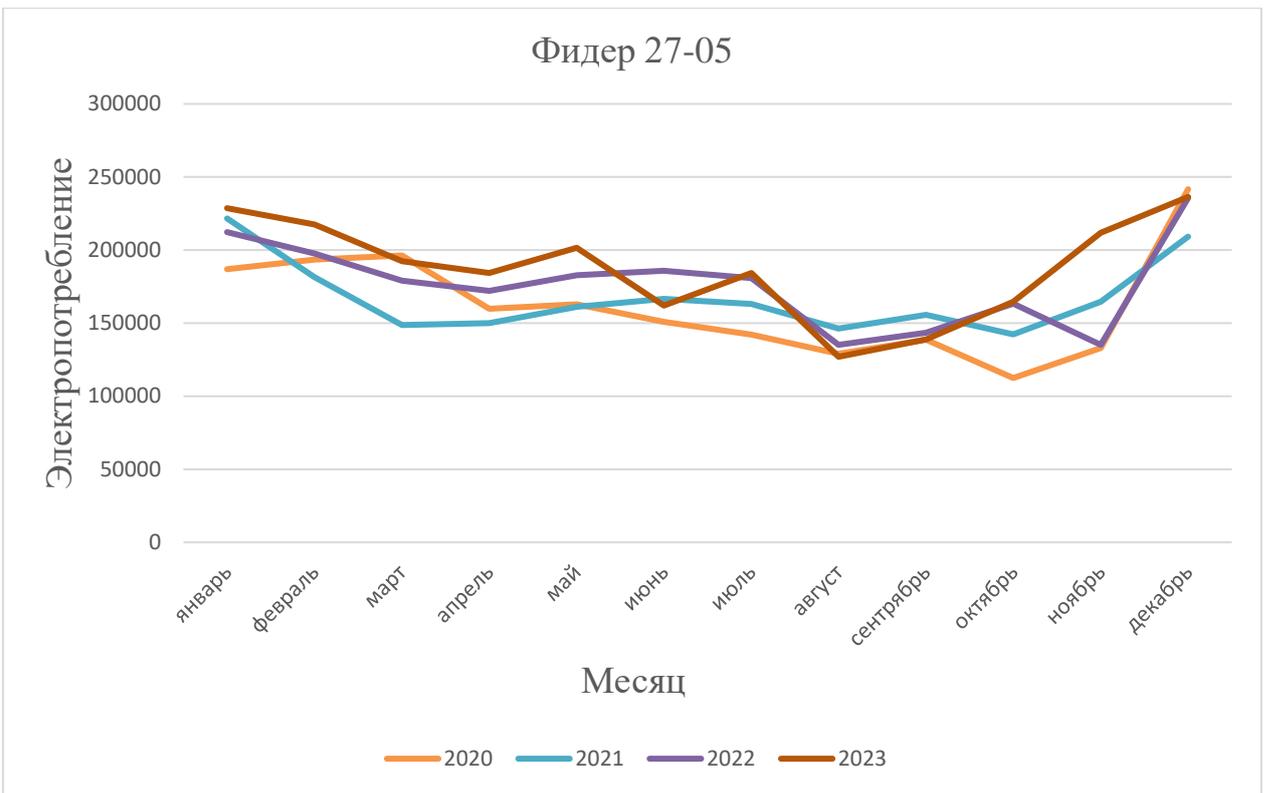


Рисунок 2.1.1 – Потребление электроэнергии по фидеру 27-05

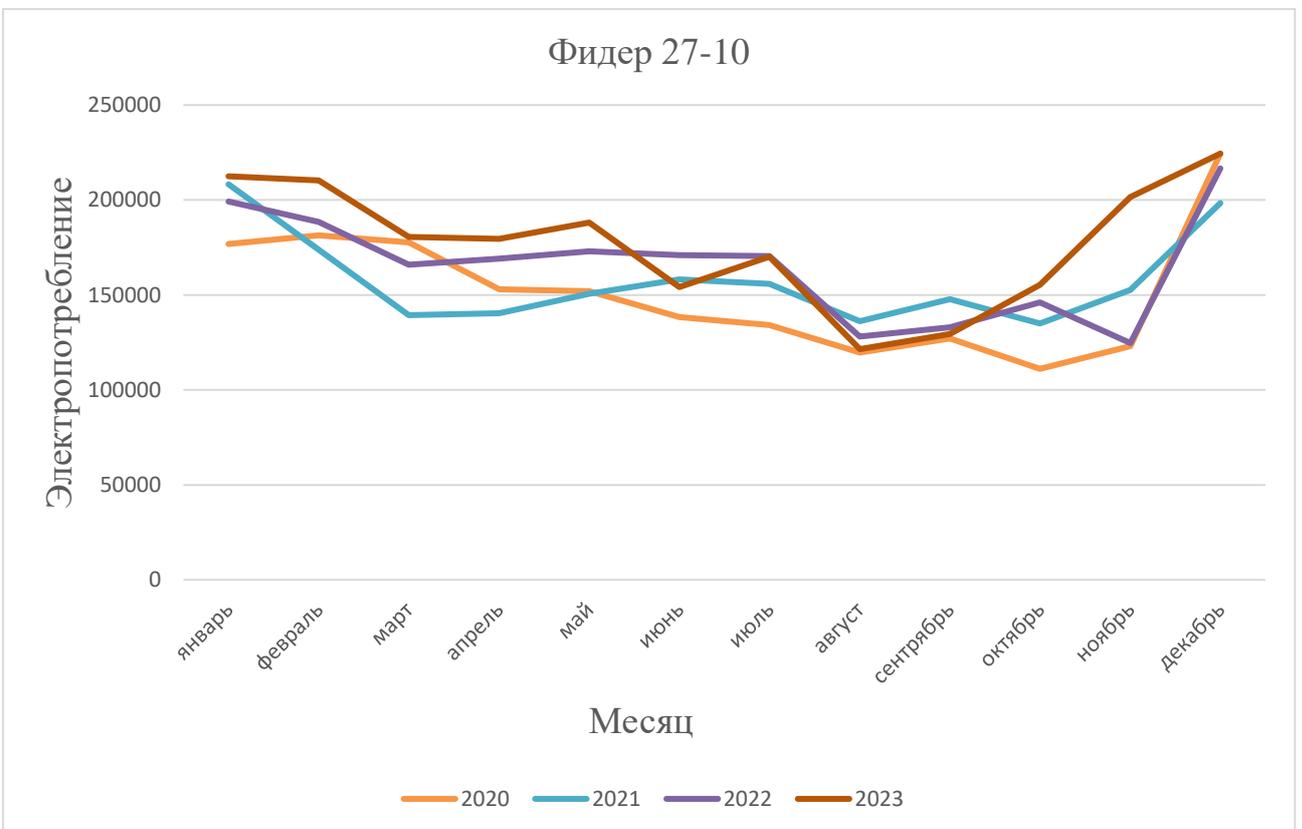


Рисунок 2.1.2 – Помесячный график распределения электроэнергии по фидеру 27-10

На основании графика помесячного распределения электроэнергии можно сделать вывод об отсутствии чётких закономерностей потребления электроэнергии по годам. В данном регионе самое высокое потребление электроэнергии приходится на декабрь, а самое низкое — на август и сентябрь.

Рассмотрим изменения среднемесячного потребления электроэнергии домохозяйствами за последние четыре года, с учетом количества комнат.

Результаты представим в виде рисунков 2.1.3 – 2.1.9.

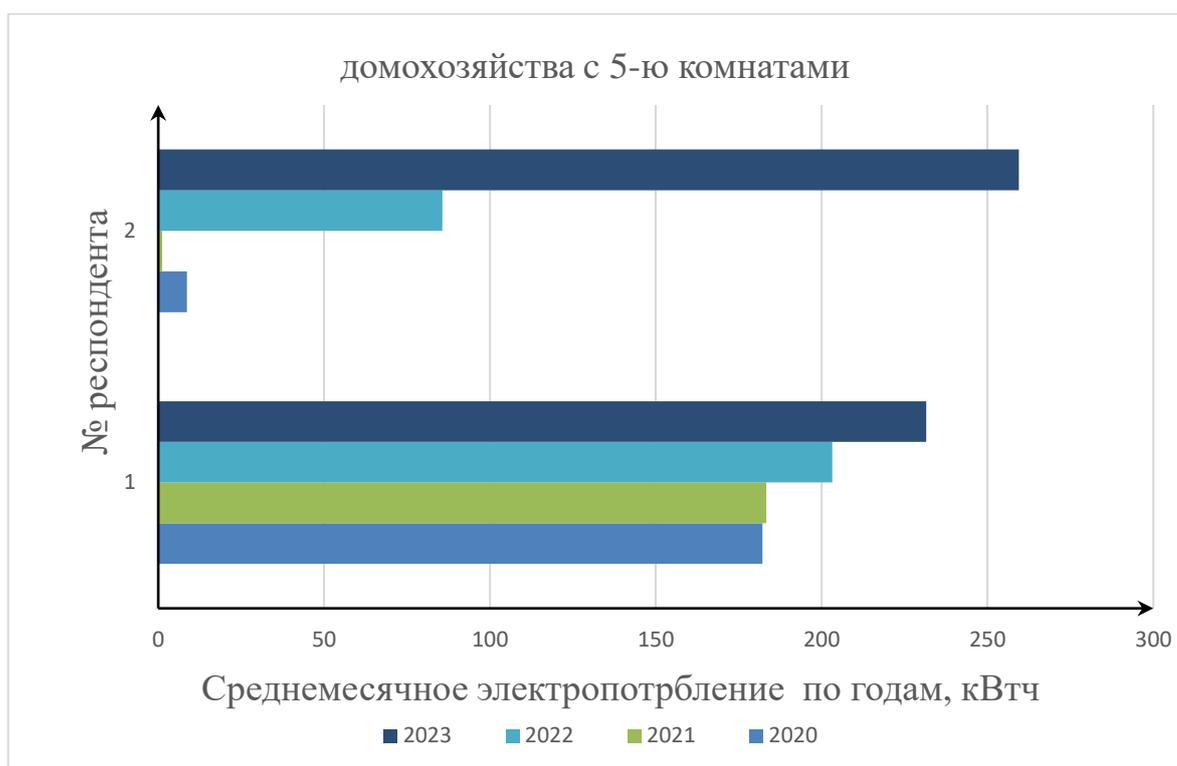


Рисунок 2.1.3 – Среднемесячное электропотребление 5-комнатных домохозяйств

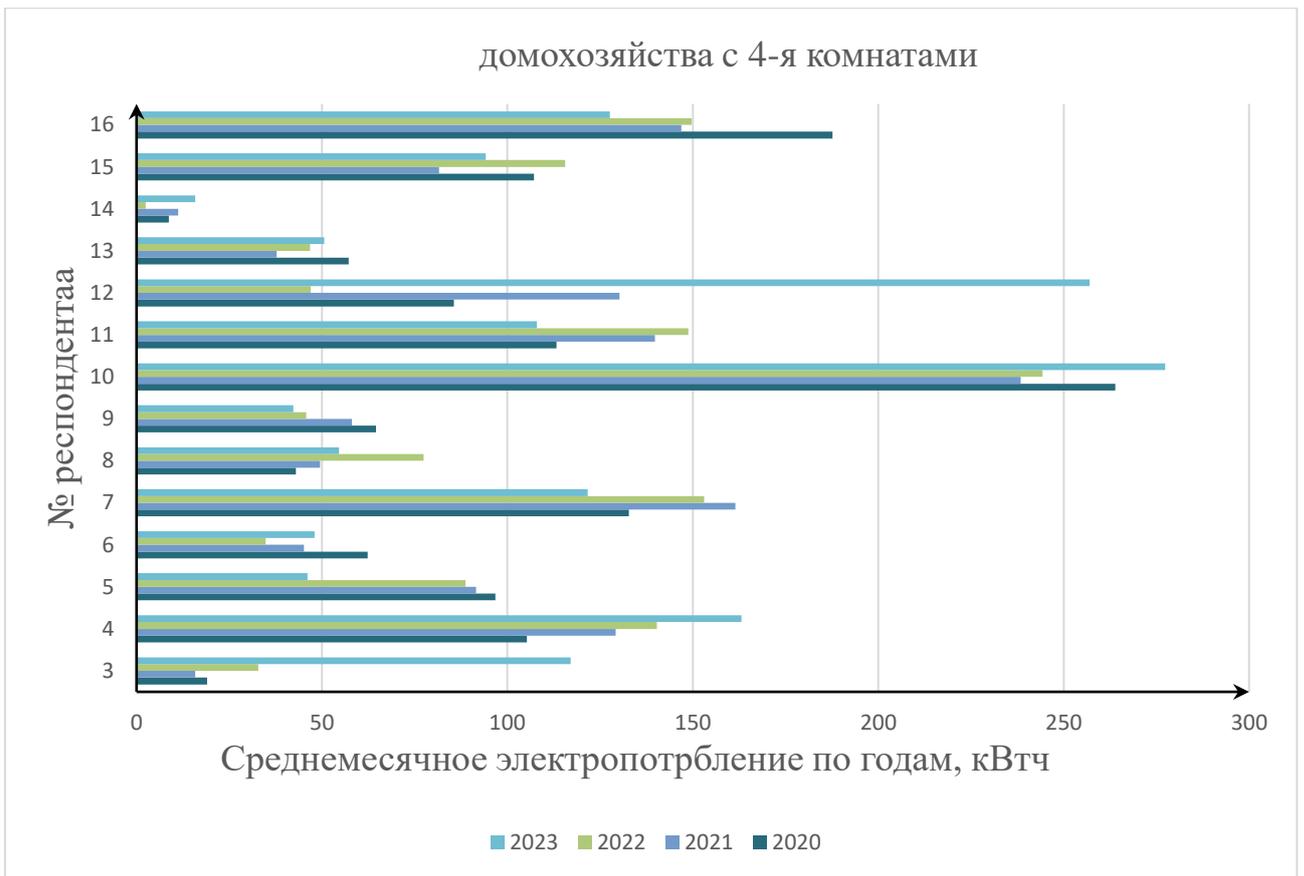


Рисунок 2.1.4 – Среднемесячное электропотребление 4-комнатных домохозяйств

домохозяйства с 3-я комнатами  
(часть 1)

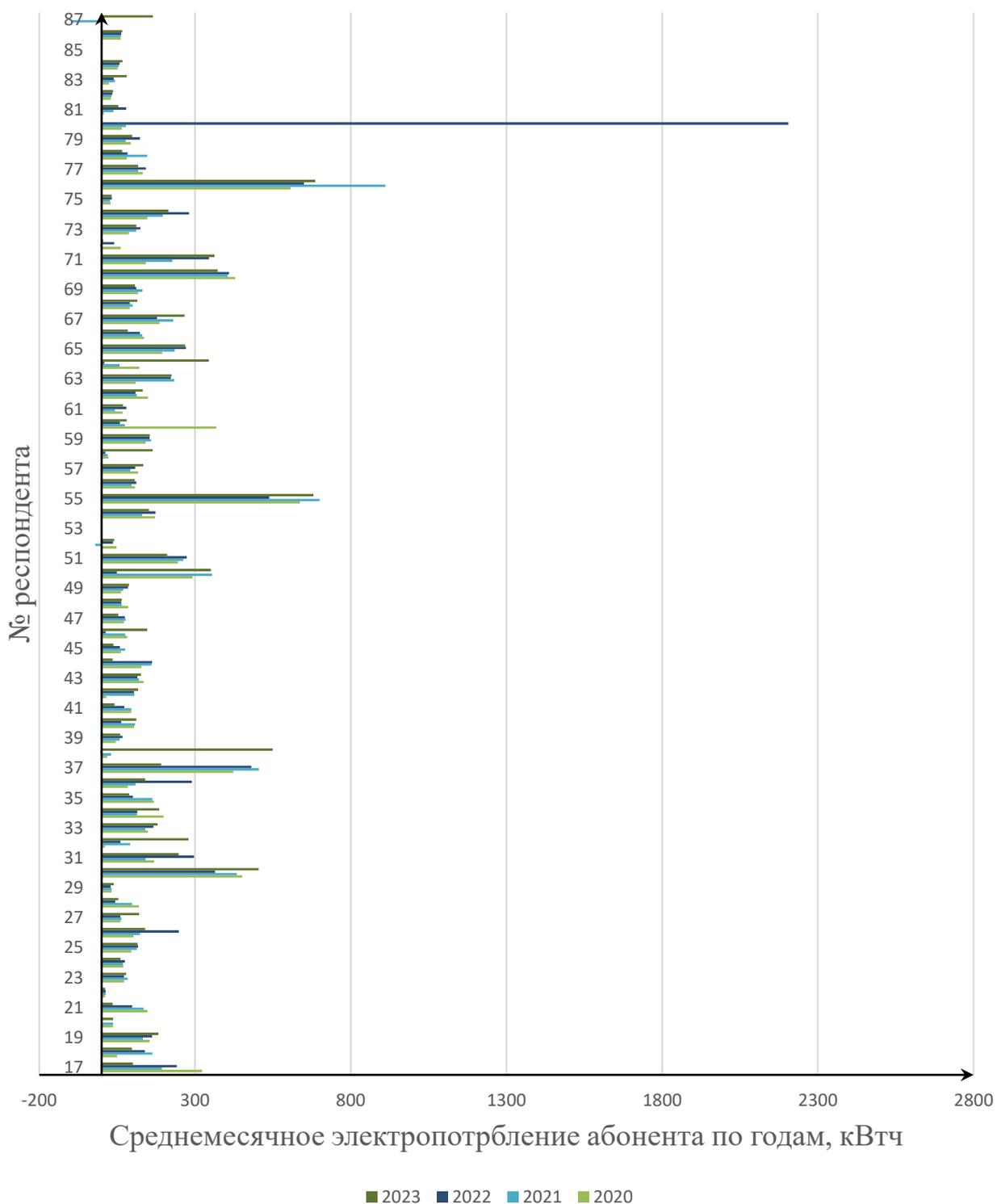


Рисунок 2.1.5 – Среднемесячное электропотребление 3-комнатных домохозяйств

Домохозяйства с 3-я комнатами  
(часть 2)

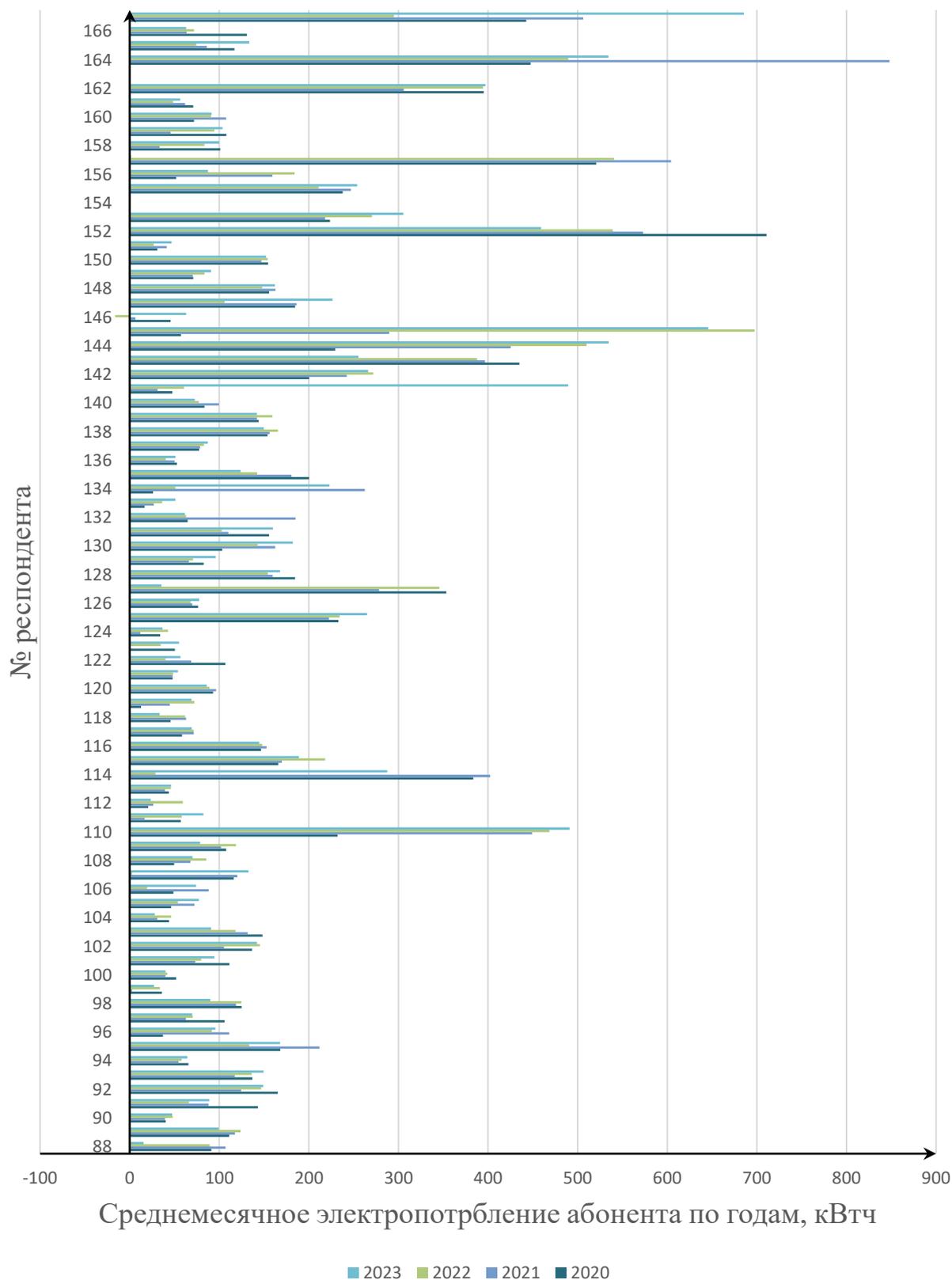


Рисунок 2.1.6 – Среднемесячное электропотребление 3-комнатных домохозяйств

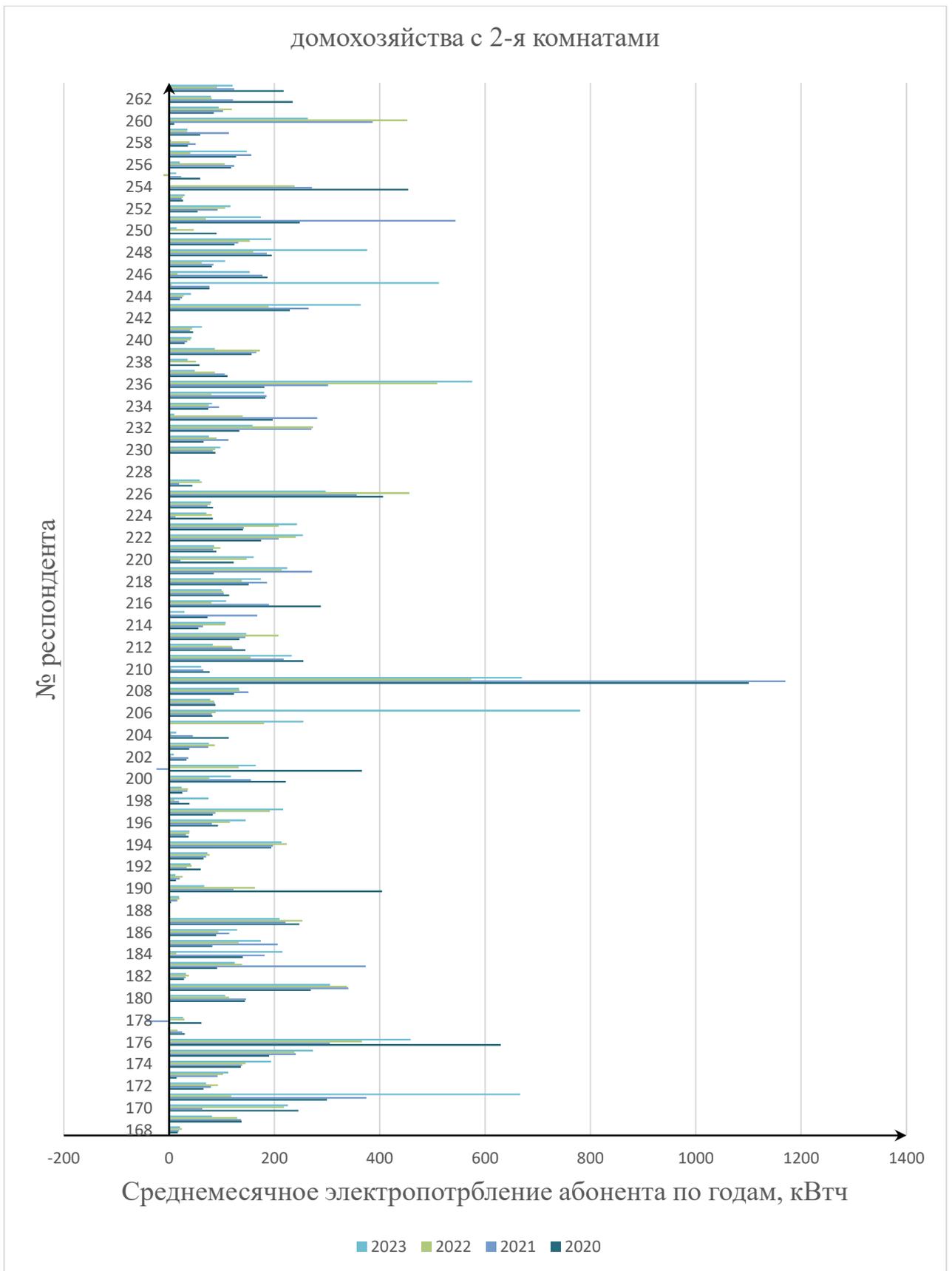


Рисунок 2.1.7– Среднемесячное электропотребление 2-комнатных домохозяйств

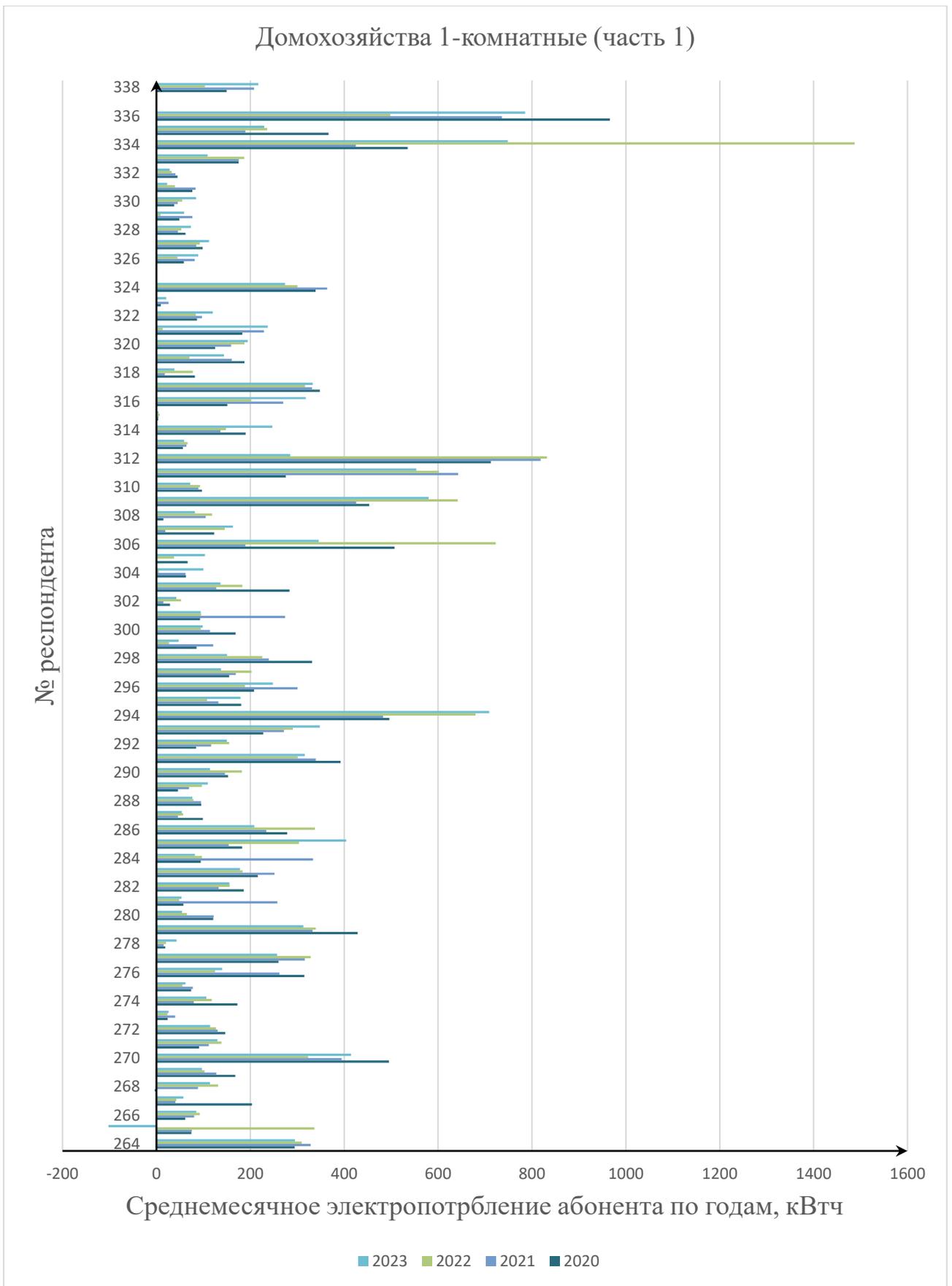


Рисунок 2.1.8 – Среднемесячное электропотребление 1-комнатных домохозяйств

### Домохозяйства 1-комнатные (Часть 2)

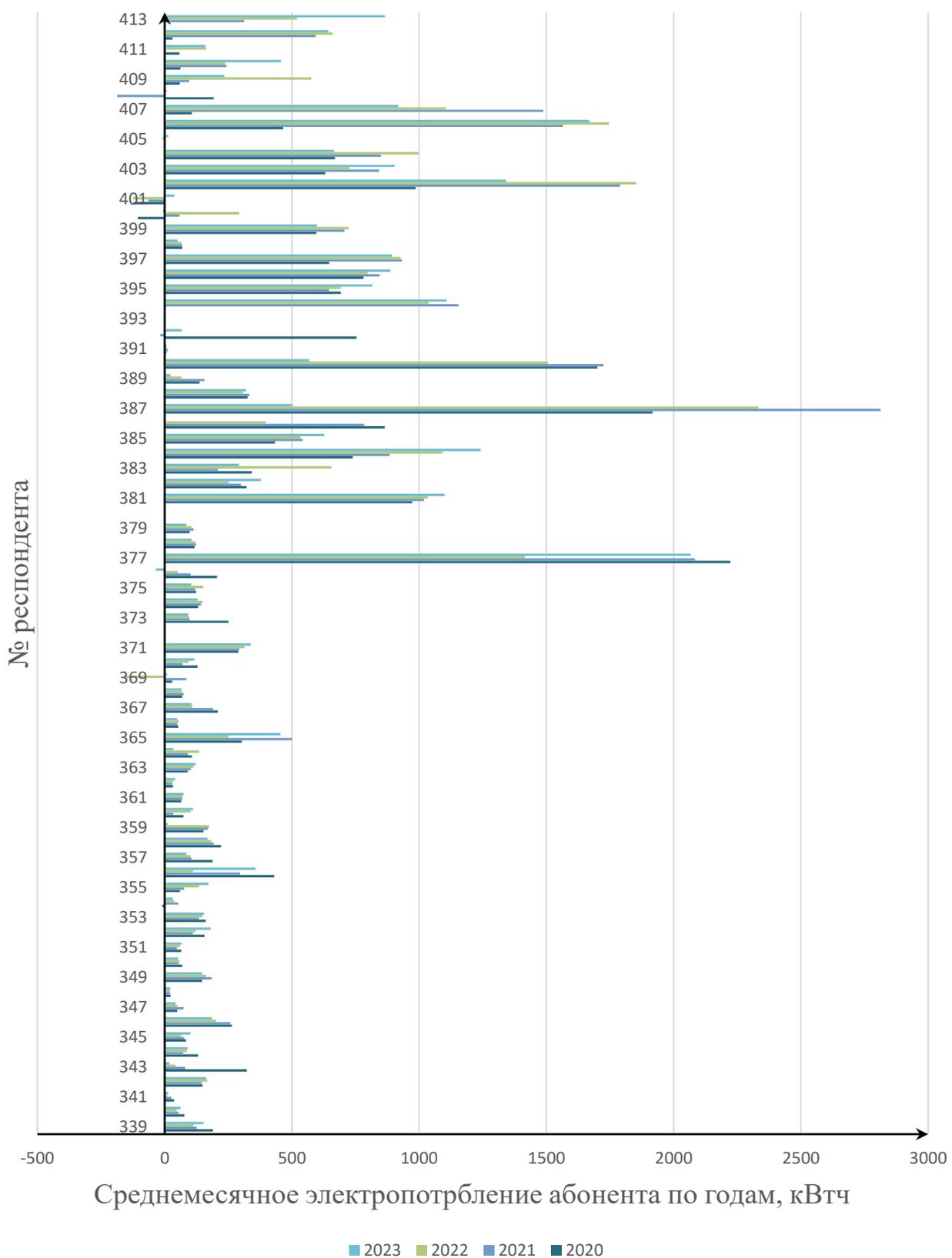


Рисунок 2.1.9 – Среднемесячное электропотребление 1-комнатных домохозяйств

Анализируя среднемесячное электропотребление домохозяйств с различным количеством комнат, невозможно выявить зависимость между количеством комнат и объёмом потребления электроэнергии, поэтому выполним корреляционный анализ и выявим корреляционную зависимость между такими факторами, как: количество людей, проживающих в помещении, количества комнат в помещении, и площадью помещения. [17]

## 2.2 Корреляционный анализ данных

Выполним корреляционный анализ за 2020 год. Результаты корреляционного анализа за 2020 год представлены в таблице 2.2.7.

Первым выполним анализ зависимости электропотребления от площади, количества проживающих и количества комнат.

Таблица 2.2.1 – Корреляция между электропотреблением и площадью

<b>Сравниваемые величины</b>	<b>Корреляция</b>	<b>Годовое потребление электроэнергии</b>	<b>Площадь</b>
Годовое потребление электроэнергии	Корреляция Пирсона	1	0,189
Площадь	Корреляция Пирсона	0,189	1

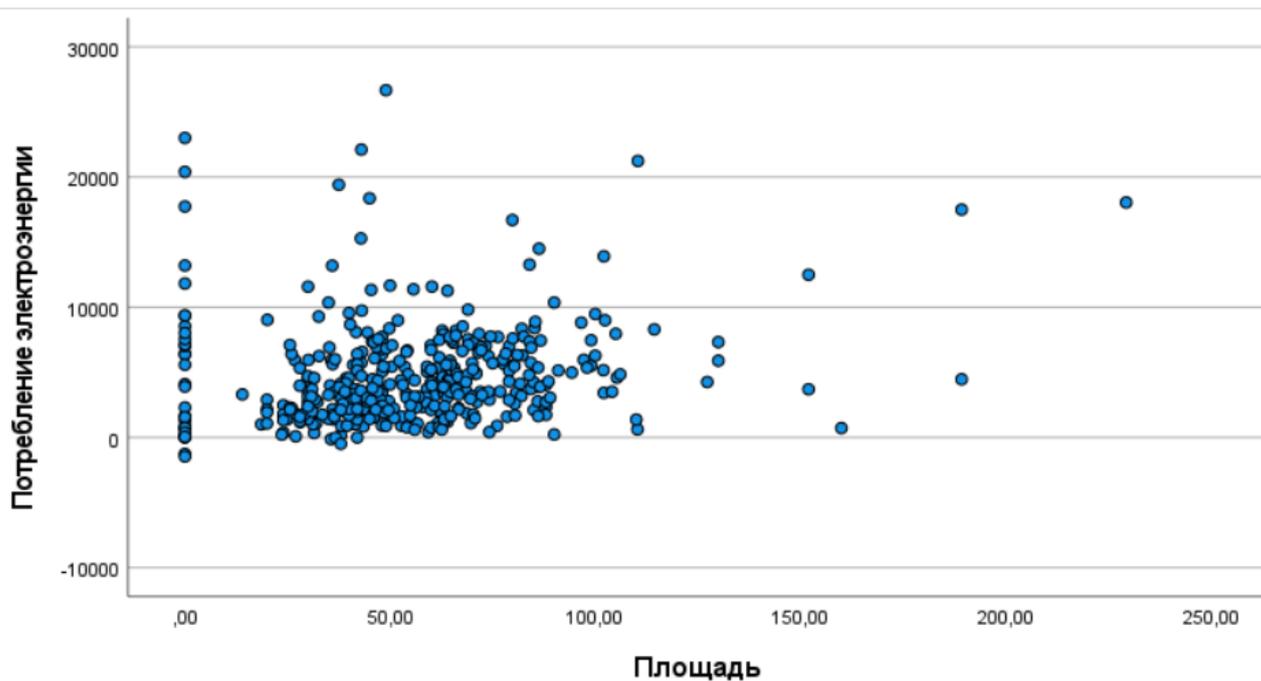


Рисунок 2.2.1 – Графическое представление зависимости среднегодового потребления электроэнергии от площади.

Таблица 2.2.2 – Корреляция между электропотреблением и количеством проживающих

Сравниваемые величины	Корреляция	Годовое потребление электроэнергии	Количество проживающих
Годовое потребление электроэнергии	Корреляция Пирсона	1	0,099
Количество проживающих	Корреляция Пирсона	0,099	1

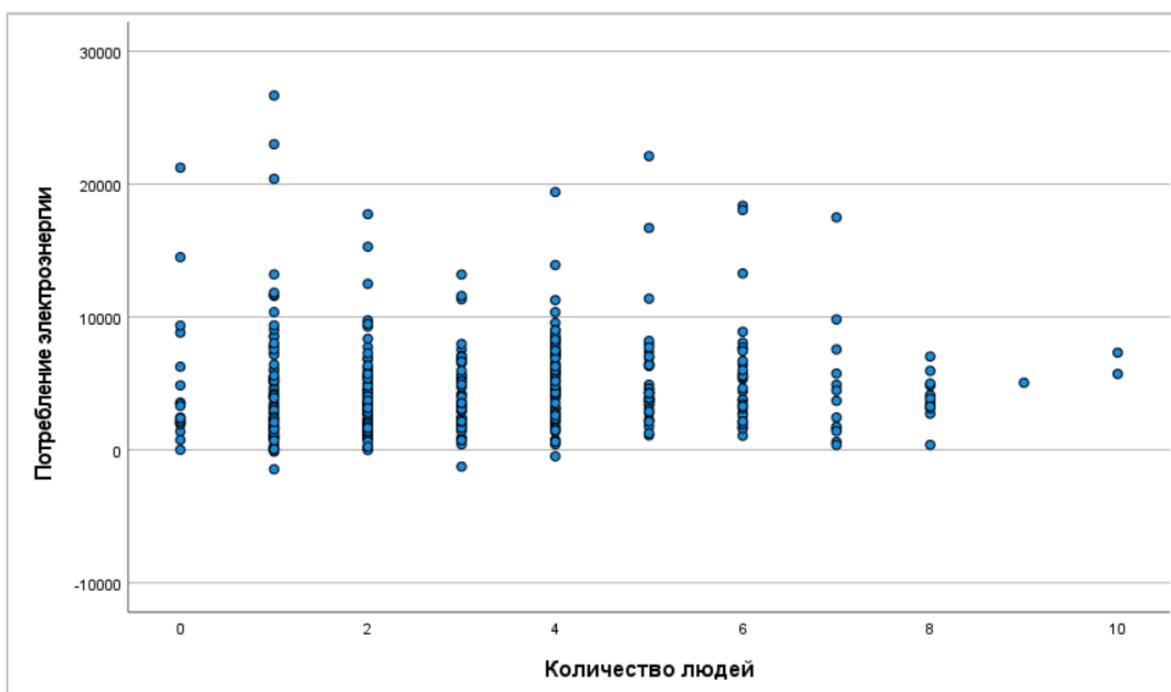


Рисунок 2.2.2 – Графическое представление зависимости среднегодового потребления электроэнергии от количества проживающих в помещении абонента.

Таблица 2.2.3 – Корреляция между электропотреблением и количеством помещений

<b>Сравниваемые величины</b>	<b>Корреляция</b>	<b>Годовое потребление электроэнергии</b>	<b>Количество помещений</b>
Годовое потребление электроэнергии	Корреляция Пирсона	1	-0,075
Количество помещений	Корреляция Пирсона	-0,075	1

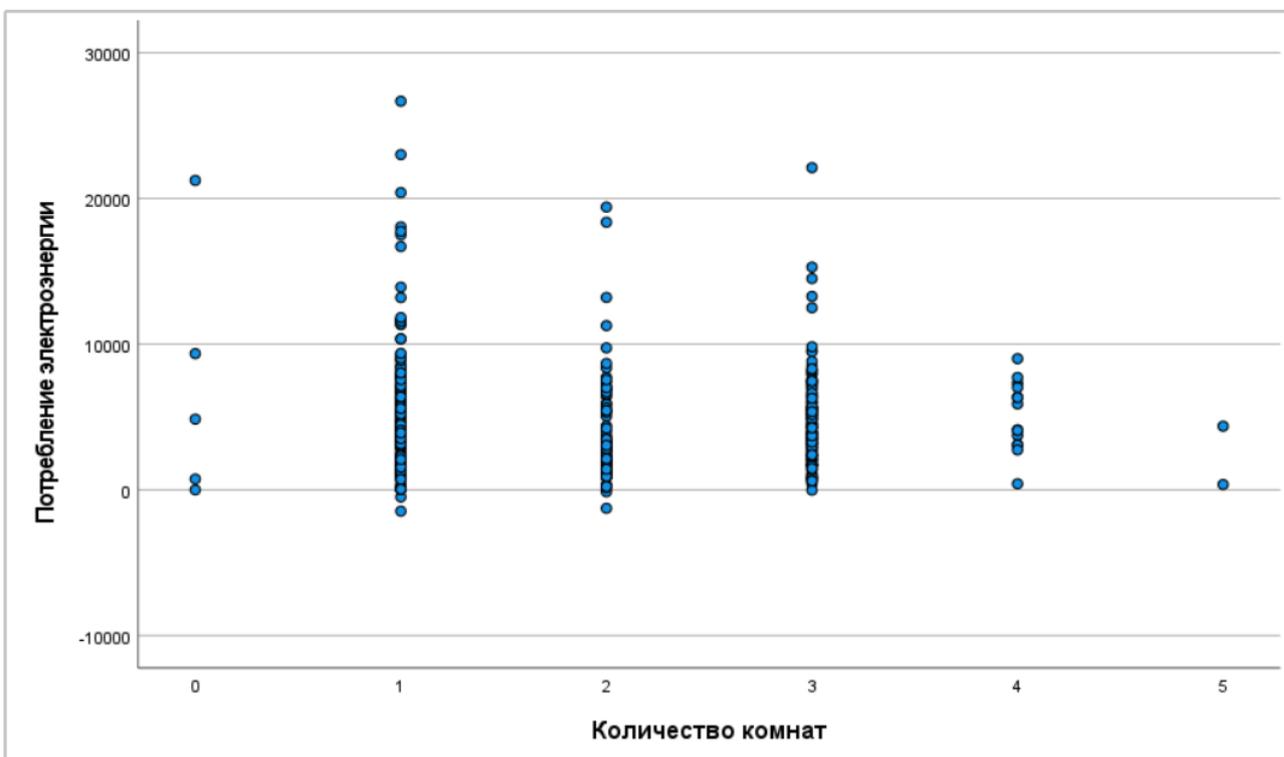


Рисунок 2.2.3 – Графическое представление зависимости среднегодового потребления электроэнергии от количества комнат в помещении абонента.

Проведем корреляционный анализ между количеством проживающих, количеством комнат и площадью, между количеством комнат и площадью.

Таблица 2.2.4 – Корреляция между количеством проживающих и площадью

<b>Сравниваемые величины</b>	<b>Корреляция</b>	<b>Количество проживающих</b>	<b>Площадь</b>
Количество проживающих	Корреляция Пирсона	1	0,304
Площадь	Корреляция Пирсона	0,304	1

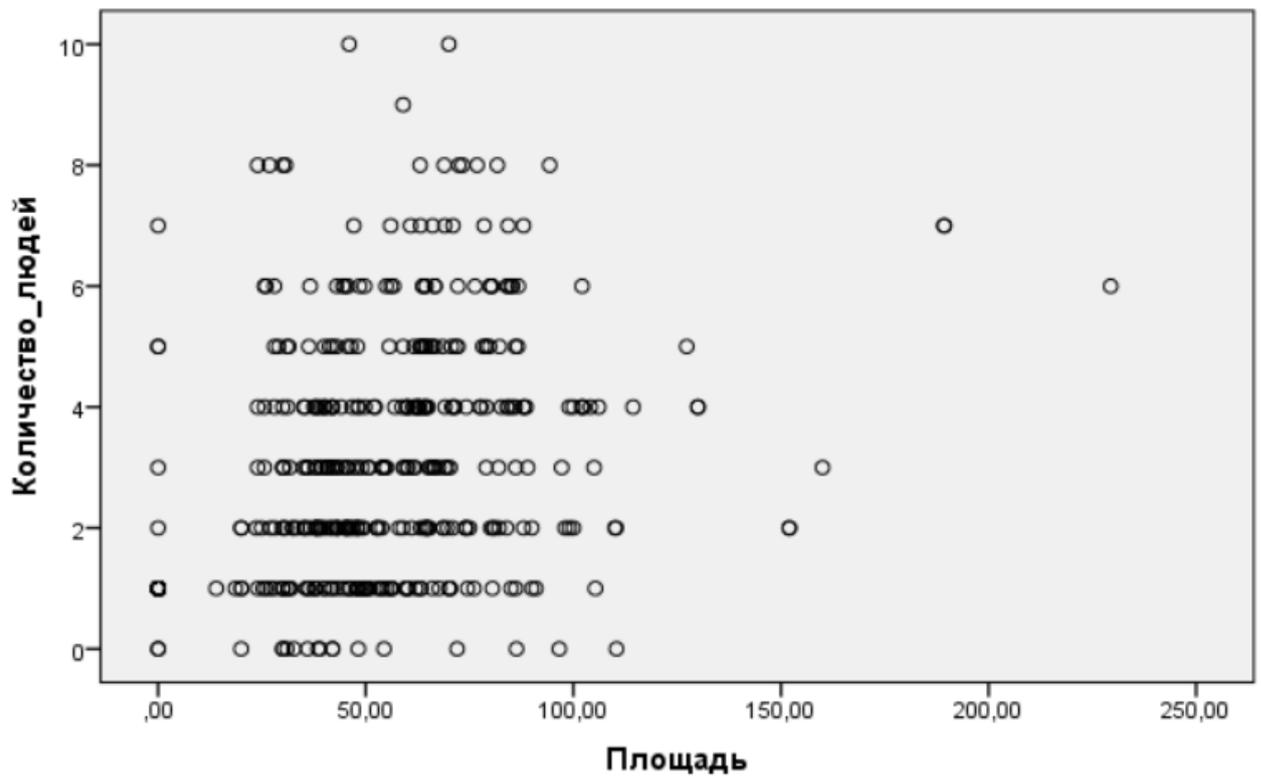


Рисунок 2.2.4 – Графическое представление зависимости между количеством проживающих от площади помещения

Таблица 2.2.5 – Корреляция между количеством проживающих и количеством комнат

Сравниваемые величины	Корреляция	Количество проживающих	Количество комнат
Количество проживающих	Корреляция Пирсона	1	0,287
Количество комнат	Корреляция Пирсона	0,287	1

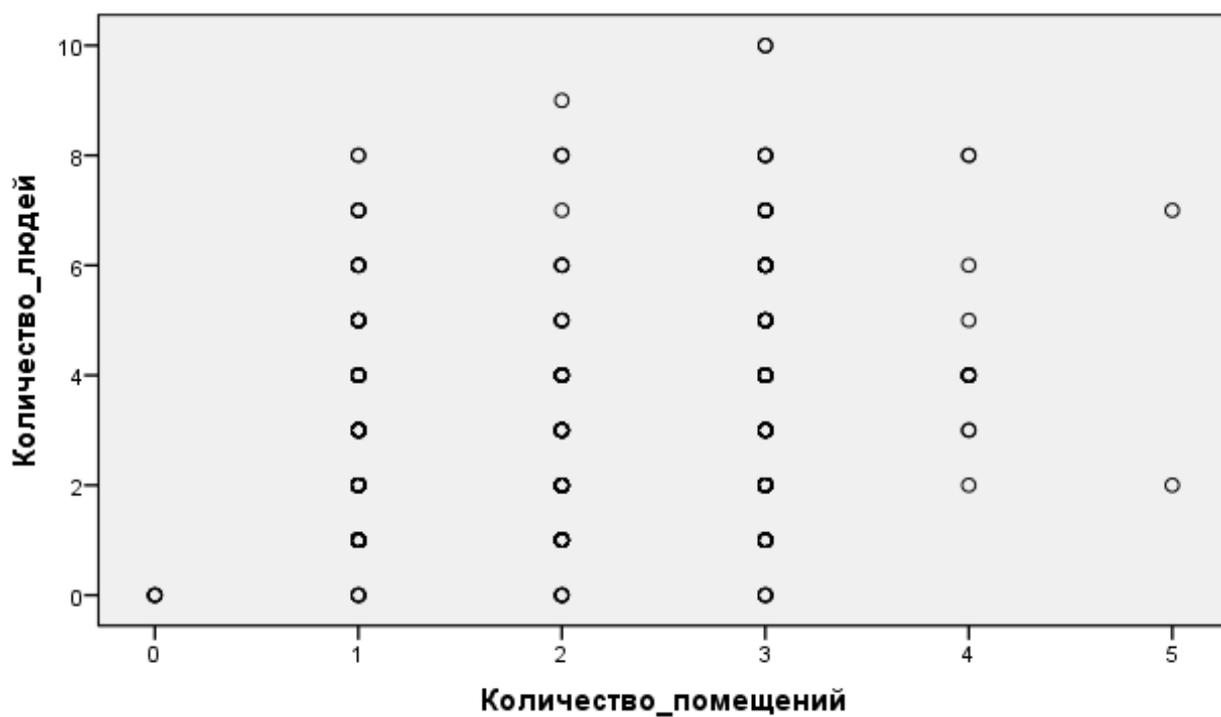


Рисунок 2.2.5 – Графическое представление зависимости между количеством проживающих от количества комнат

Таблица 2.2.6 – Корреляция между площадью и количеством комнат

<b>Сравниваемые величины</b>	<b>Корреляция</b>	<b>Площадь</b>	<b>Количество комнат</b>
Площадь	Корреляция Пирсона	1	0,366
Количество комнат	Корреляция Пирсона	0,366	1

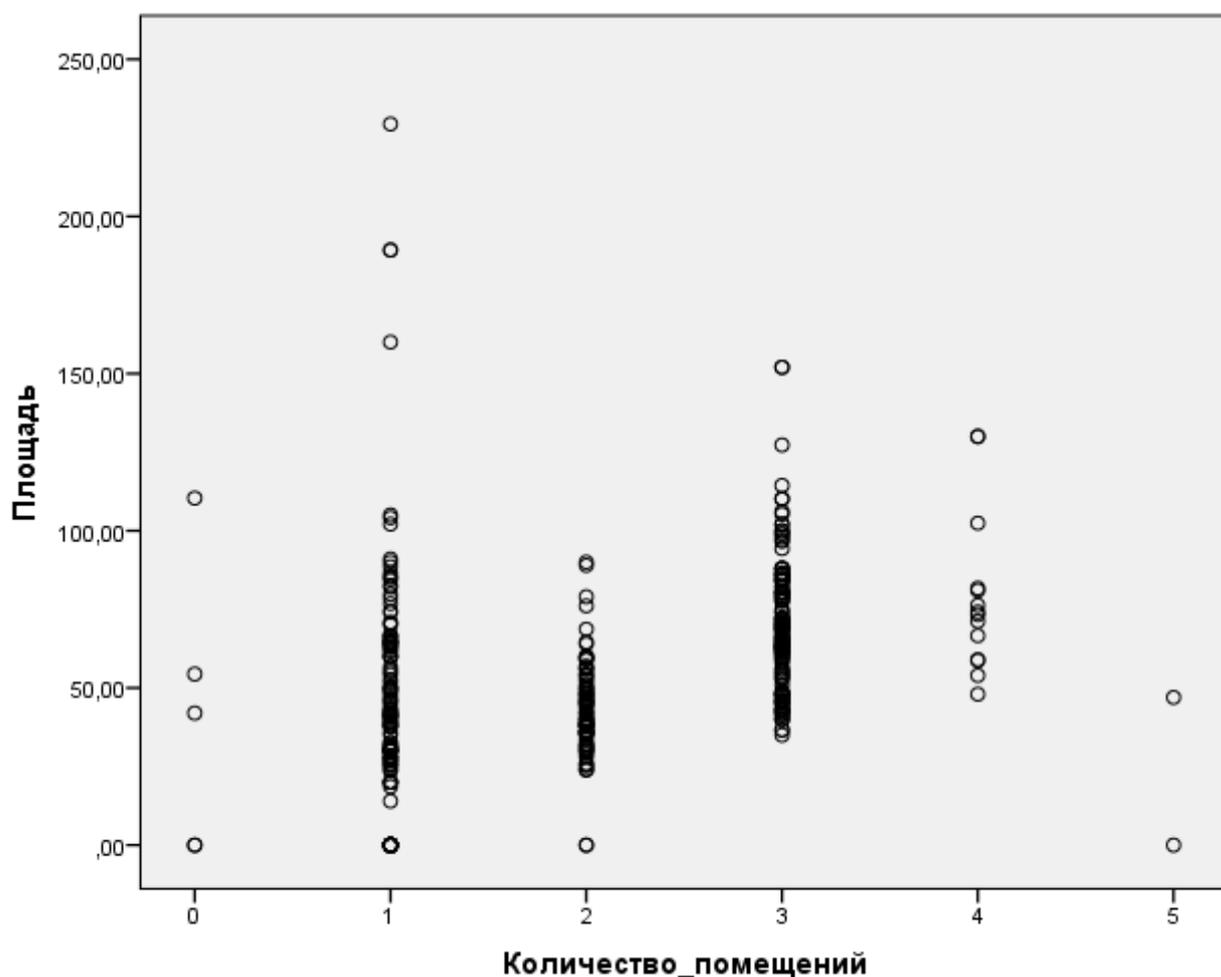


Рисунок 2.2.6 – Графическое представление зависимости между площадью и количеством комнат

Оценка влияния всех бытовых характеристик домохозяйств на электропотребление представлено в таблице 2.2.7.

Таблица 2.2.7 – Результаты корреляционного анализа электропотребления за 2020 год

Бытовые характеристики	Электропотребление	Количество проживающих	Количество комнат	Площадь
Электропотребление	1			
Количество проживающих	0,099	1		
Количество комнат	-0,075	0,287	1	
Площадь	0,189	0,304	0,366	1

По результатам корреляционного анализа можно сделать вывод о слабой корреляции между потреблением электроэнергии и количеством комнат, количеством проживающих и площадью помещения [18].

Так же графическое представление зависимости помогло выявить домохозяйства, чьё потребление электроэнергии выбивается из средних значений, например потребителей с отрицательным значением электропотребления, или потребителей с достаточно низким потреблением для его площади. [19]

По результатам анализа выяснилось, что корреляция между выбранными величинами слабая, исходя из этого можно сделать вывод о том, что на величину электропотребления в большей степени влияет материальное состояние потребителя и количество бытовых приборов или устройств для майнинга. По полученным данным была построена диаграмма, изображающая среднее потребление электричества в месяц.

Потребление электроэнергии домохозяйствами в целом по четырем годам представлено на рисунке 2.2.7.

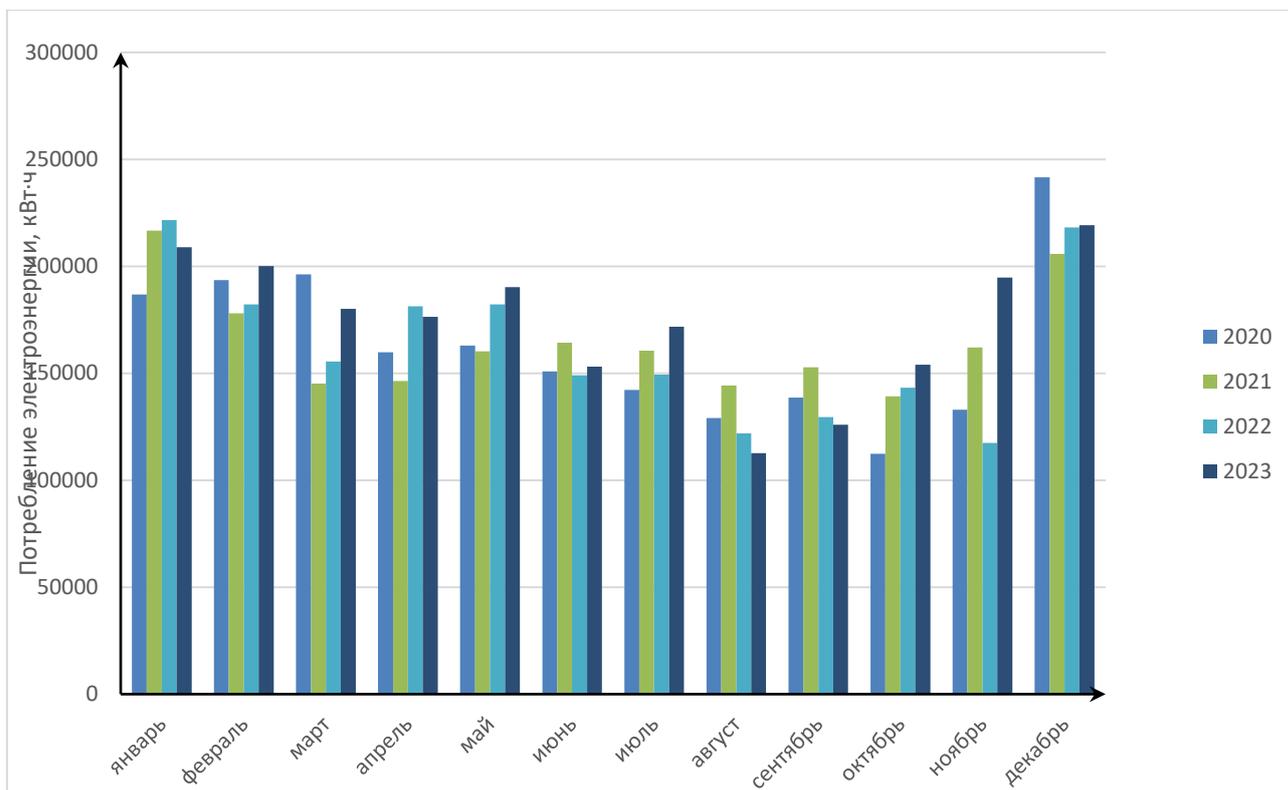


Рисунок 2.2.7 – Объемы потребленной домохозяйствами электроэнергии по месяцам рассматриваемого периода

По данному графику можно сделать вывод о том, что потребление электроэнергии подвержено сезонным колебаниям. Наиболее высокое потребление наблюдается в зимние месяцы (декабрь и январь), а наименьшее – в летние месяцы (май, июнь, июль).

### 3 Практическая часть

#### 3.1 Кластерный анализ потребителей электроэнергии

В основе этого метода выявления недобросовестных потребителей – определение домохозяйств, электропотребление которых явно выходит за рамки среднестатистического диапазона. Ранее в данной работе удалось выявить таких потребителей, с помощью графического представления зависимости между среднемесячным потреблением электроэнергии, площадью помещения.

Разбитие потребителей на кластеры позволило выделить отдельные группы потребителей, например имеющих большую площадь, но малое электропотребление. [20]

Анализ полученных графиков показал, что большинство абонентов, относящихся к добросовестным потребителям, сосредоточены в определенном среднем диапазоне.

Таблица 3.1 – Домохозяйства с низким потреблением электроэнергии

Параметры домохозяйства	Номер домохозяйства								
	92	115	150	310	326	358	7	8	9
Количество проживающих	1	2	2	1	1	2	1	1	2
Количество комнат	2	2	1	3	1	3	2	2	3
Площадь, м <sup>2</sup>	38	40	27	85	45,9	152	76,08	76,8	43,5
Фактическое электропотребление, кВт·ч	11	26	8,9	35	11	3	74,66	71	66,41
Среднее электропотребление кВт·ч	202	279	396,5	314	452	447	202	202	447

### 3.2 Прогнозирование временных рядов

Важным пунктом анализа безучетного потребления является прогнозирование потребления электроэнергии. Прогнозная оценка позволяет электросетевым компаниям вовремя выявить данный факт и уменьшить коммерческие потери.

В данной выпускной квалификационной работе прогнозирование осуществляется линейным регрессионным анализом.

Временной ряд — это последовательность данных, собранных или записанных в последовательные моменты времени.

Целью анализа временных рядов является выявление закономерностей в изменениях параметров во времени и прогнозирование будущих значений. [21]

В каждом временном ряду можно выделить следующие компоненты: тренд, сезонная составляющая, циклическая составляющая и случайная составляющая (ошибка):

- Тренд представляет собой долговременное постепенное изменение ряда, являясь самой простой моделью тренда, демонстрирующей долгосрочный рост или спад.

- Сезонность – это предсказуемые краткосрочные изменения, повторяющиеся в течение определенного периода.

- Циклическая составляющая отражает долгосрочные колебания данных, которые могут продолжаться годами или десятилетиями. Эти колебания возникают непредсказуемо и часто связаны с внешними условиями.

Ошибка – это случайные колебания, вызванные неконтролируемыми обстоятельствами. [22]

Прогнозирование осуществляется с использованием модели SARIMA, где S – означает сезонность, она представляет собой сезонную интегрированную модель авторегрессии - скользящего среднего. [23]

Модель SARIMA была написана на универсальном языке программирования Python, за временной ряд был взят промежуток с 2020 по

2022 года, и для дальнейшего сравнения модель предсказала среднемесячные значения на 2023 год.

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from statsmodels.tsa.statespace.sarimax import SARIMAX
from statsmodels.graphics.tsaplots import plot_acf, plot_pacf

# Чтение данных из Excel файла
file_path = 'C:/Users/nikit/OneDrive/Рабочий стол/Мой диплом/ARIMA/электропотребление.xlsx'
df = pd.read_excel(file_path, index_col=0, parse_dates=True)

# Проверка данных
print(df.head())

# Преобразование данных в формат временных рядов
df['Month'] = df.index.strftime('%B')
df['Year'] = df.index.year
df = df.reset_index(drop=True)
df = df[['Month', 'Year', df.columns[0]]]
df.columns = ['Month', 'Year', 'Consumption']

# Создание столбца Date и установка его в качестве индекса
df['Date'] = pd.to_datetime(df['Year'].astype(str) + df['Month'], format='%Y%B')
df.set_index('Date', inplace=True)
ts = df['Consumption']
```

Рисунок 3.2.1 – Скриншот кода SARIMA (часть 1)

```

# Построение графика данных
ts.plot(figsize=(12, 6))
plt.title('Электропотребление по месяцам')
plt.xlabel('Дата')
plt.ylabel('Потребление (кВт·ч)')
plt.show()

# Используем данные за 2020-2022 годы
train = ts['2020':'2022']

# Определение параметров модели SARIMA с помощью ACF и PACF
plot_acf(train)
plt.show()

plot_pacf(train)
plt.show()

# Построение и обучение модели SARIMA
# Параметры SARIMA(p, d, q) (P, D, Q, m)
model = SARIMAX(train, order=(1, 1, 1), seasonal_order=(1, 1, 1, 12))
model_fit = model.fit(dispatch=False)
print(model_fit.summary())

# Прогнозирование на 2023 год
forecast = model_fit.get_forecast(steps=12)
forecast_index = pd.date_range(start='2023-01-01', periods=12, freq='MS')
forecast_mean = forecast.predicted_mean

```

Рисунок 3.2.2 – Скриншот кода SARIMA (часть 2)

```

# Визуализация фактических данных и прогноза на 2023 год
actual_2023 = ts['2023']
plt.figure(figsize=(12, 6))
plt.plot(*args: actual_2023, label='Фактические данные 2023 года')
plt.plot(*args: forecast_index, forecast_mean, label='Прогноз на 2023 год', color='red')
plt.title('Сравнение фактического потребления электроэнергии (2023) и прогноза')
plt.xlabel('Дата')
plt.ylabel('Потребление (кВт·ч)')
plt.legend()
plt.show()

```

Рисунок 3.2.3 – Скриншот кода SARIMA (часть 3)

Результатом работы кода стали спрогнозированные среднемесячные значения электропотребления каждого домохозяйства.

Далее, на рисунках 3.2.4 – 3.2.8 можно будет сделать выводы о «порядочности потребителя» на основе соответствия прогнозных значений фактическим.

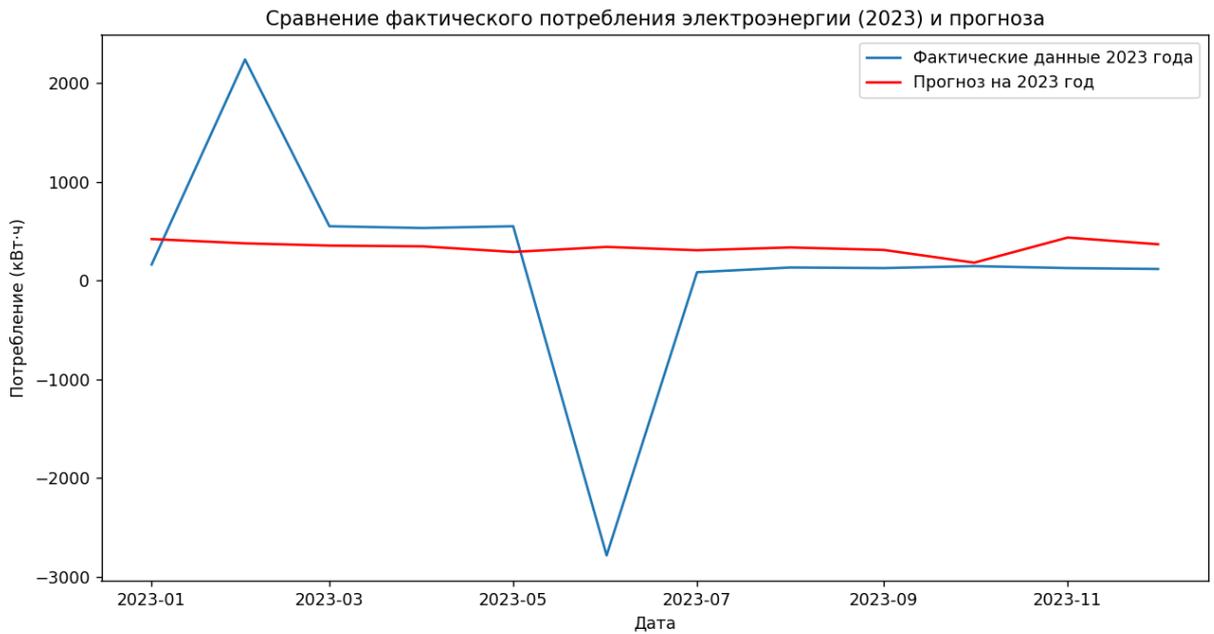


Рисунок 3.2.4 – Фактические и прогнозные значения электропотребления для потребителя №169 (адекватное электропотребление)

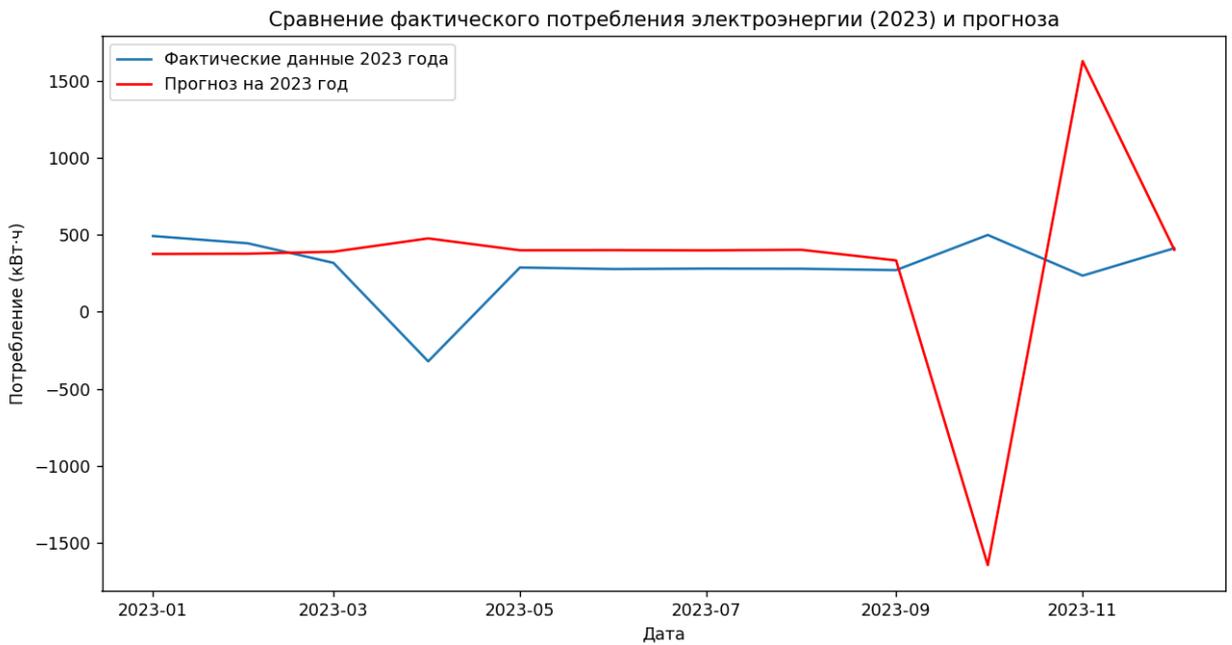


Рисунок 3.2.5 – Фактические и прогнозные значения электропотребления для потребителя №193 (адекватное электропотребление)

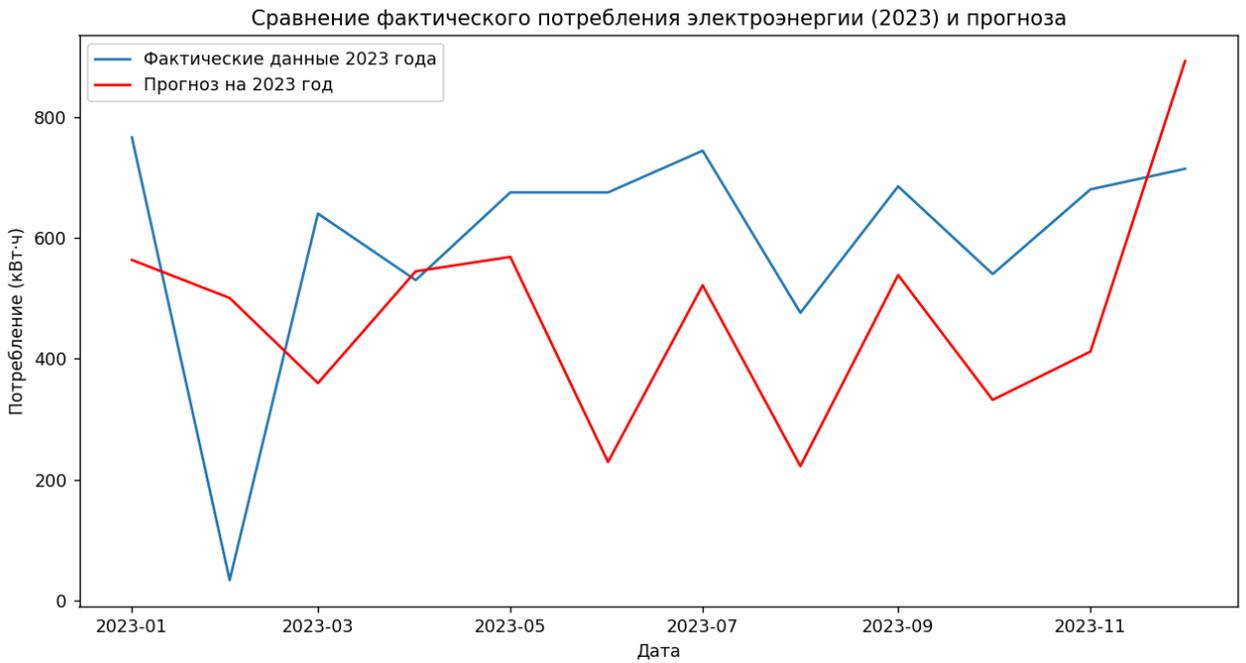


Рисунок 3.2.6 – Фактические и прогнозные значения электропотребления для потребителя №92 (адекватное электропотребление)



Рисунок 3.2.7 – Фактические и прогнозные значения электропотребления для потребителя №358 (заметно резкое снижение электропотребления)

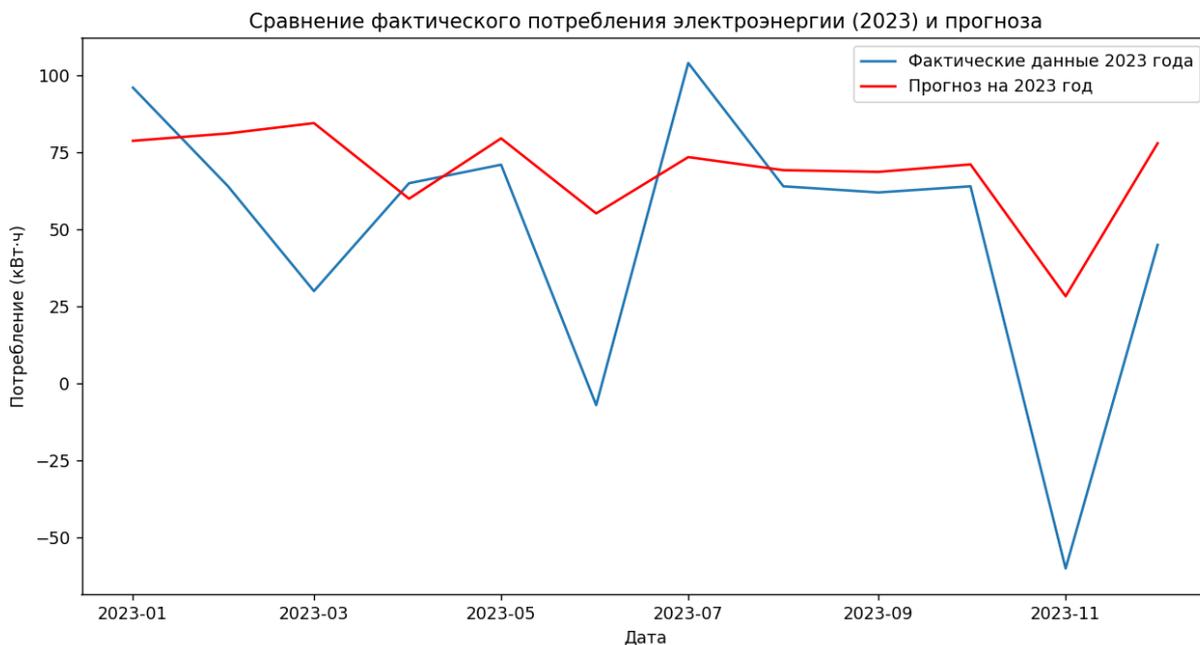


Рисунок 3.2.8 – Сравнение фактических и прогнозных значений электропотребления для потребителя №400 (адекватное электропотребление)

На рисунке 3.2.7 видно, что фактическое потребление электроэнергии значительно ниже прогнозируемого. Анализируя динамику потребления электроэнергии этим абонентом, можно заметить, что на данный момент месячные показатели электропотребления ниже, чем за другой такой же период, что подтверждается прогнозом. Однако в настоящее время уровень потребления резко снизился по неясным причинам. Такие абоненты также считаются «потенциально недобросовестными».

Таким образом, анализ выявил 49 домохозяйств, которые требуют особого контроля и должны быть проверены в первую очередь во время рейдов.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были получены следующие результаты:

- дано теоретическое обоснование безучетного потребления электроэнергии;
- систематизированы различные методы выявления недобросовестных потребителей, а также предложены эффективные способы борьбы с ними;
- проведён детальный анализ безучетного потребления электроэнергии в Усть-Абаканском районе;
- выполнен корреляционный анализ данных об электропотреблении;
- предложены методики выявления аномального потребления электроэнергии, на примере Усть-Абаканского района;

Выпускная квалификационная работа выполнялась по научной тематике, рекомендованной ПАО «Россети» - «Хакасэнерго». Результаты работы могут быть использованы специалистами службы балансов и анализа потерь.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Статья 539. ГК РФ Договор энергоснабжения. Гражданский кодекс Российской Федерации (ГК РФ) (части первая, вторая, третья и четвертая) (с изменениями и дополнениями от 24.07.2023 г.)
2. Семь методов статистического анализа, которые может применять каждый [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://4brain.ru/blog/методы-статистического-анализа/>
3. Коммерческие потери электроэнергии без границ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bigpowernews.ru/interview/document76022.phtml>
4. Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 N 442 «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» (с изменениями и дополнениями от 03.05.2024 г.)
5. Воровство электроэнергии: обнаружение, ответственность, штрафы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://teplo-energoproekt.ru/stati/vorovstvo-elektroenergii-obnaruzhenie-otvetstvennost-shtrafy/>
6. АИИС КУЭ: сущность и структура системы учета электроэнергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nehta.tech/aiis-kue-sushhnost-i-struktura-sistemy-ucheta-elektroenergii/?ysclid=lxzag8b03k555278140>
7. Воровство электроэнергии: обнаружение и привлечение к уголовной ответственности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ugvrf.ru/vorovstvo-elektroenergii-obnaruzhenie-i-privlechenie-k-ugolovnoj-otvetstvennosti.html>
8. Статистический анализ данных: методы и приложения в научных исследованиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://apni.ru/article/6013-statisticheskij-analiz-dannikh-metodi-i-prilo>
9. Обзор методов статистического анализа данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://statlab.kubsu.ru/node/4>

- 10.SPSS [Электронный ресурс] : материал из Википедии – свободной энциклопедии. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/SPSS>
- 11.Временной ряд [Электронный ресурс]: материал из Википедии – свободной энциклопедии. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Временной\\_ряд](https://ru.wikipedia.org/wiki/Временной_ряд)
- 12.Савинская Д.Н., Кочкарова П.А. Современные методы прогнозирования временных рядов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wdfiles.ru/3uQdU>
- 13.Профессиональные компьютерные программы: применение пакета SPSS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/21629406/>
- 14.Интеллектуальный анализ потребления электрической энергии, как способ выявления коммерческих потерь в энергосистеме [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eepir.ru/article/intellektualnyj-analiz-dannyh-potrebleniya-elektricheskoy-energii-kak-sposob-vyyavleniya-kommercheskih-poter-v-energosisteme/>
- 15.База данных [Электронный ресурс]: материал из Википедии – свободной энциклопедии. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/База\\_данных](https://ru.wikipedia.org/wiki/База_данных)
- 16.Дулесова Н.В., Харитонов Д.Д. Интеллектуальный анализ данных электропотребления домохозяйствами сельской местности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.elibrary.ru/ip\\_restricted.asp?rpage=https%3A%2F%2Fwww%2Eelibrary%2Eru%2Fitem%2Easp%3Fid%3D35203297](https://www.elibrary.ru/ip_restricted.asp?rpage=https%3A%2F%2Fwww%2Eelibrary%2Eru%2Fitem%2Easp%3Fid%3D35203297)
- 17.Анализ связей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://medspecial.ru/wiki/Анализ+связей/>
- 18.Современные правила применения корреляционного анализа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-pravila-primeneniya-korrelyatsionnogo-analiza?ysclid=ly4n3rf4fm575804639>
- 19.Муллакаева Л.Р. Кластерный анализ // научный журнал Novainfo. – 2016. – № 47-1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://novainfo.ru/article/6444>

20. Кузнецов Д.Ю., Трошина Т.Л. Кластерный анализ и его применение // Ярославский педагогический вестник. – 2016. – № 4. – С. 103-107. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=10365372>
21. Кизбикенов К.О. Прогнозирование и временные ряды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://library.altspu.ru/dc/pdf/kizbikenov.pdf>
22. Михайлов А. Анализ временных рядов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/732080/>
23. SARIMA (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.geeksforgeeks.org/sarima-seasonal-autoregressive-integrated-moving-average/?ysclid=ly4i6mqsyv635073278>
24. Мусин Д. Самоучитель Python 07.2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://server.aesc.msu.ru/materials/PYTHON/pythonworldru.pdf>
25. СТУ 7.5-07-2021. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Красноярск: ИПК СФУ, 2021. – с. 61

Министерство науки и образования РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО  
«Сибирский федеральный университет»  
институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
А.С. Торопов  
подпись инициалы, фамилия  
« 03 » 04 2024г.

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
код и наименование специальности

Анализ потребления электроэнергии респондентами  
Усть-Абаканского района  
наименование темы

Руководитель	<u>[подпись]</u> подпись, дата	доцент каф. «ЭМиАТ», к.э.н должность, ученая степень	<u>Н.В. Дулесова</u> инициалы, фамилия
Выпускник	<u>[подпись]</u> подпись, дата		<u>Н.С. Василевский</u> инициалы, фамилия
Нормоконтролер	<u>[подпись]</u> подпись, дата		<u>И.А. Кычкова</u> инициалы, фамилия

Абакан 2024