

УТВЕРЖДАЮ



Директор ООО «БИТ»

Ю.В. Щербаков

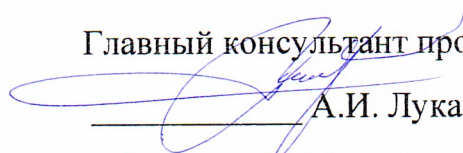
« 3 » июня 2024 г.

**ПРОГРАММА ДЛЯ ЭВМ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧАСОВ ПИКОВОЙ НАГРУЗКИ И
ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ
(«ЭНЕРГОБИТ»)**

**Описание программы
ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ**

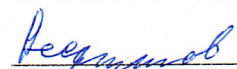
СОГЛАСОВАНО:

Главный консультант проекта


А.И. Лукашов

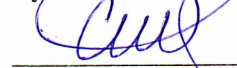
« 3 » июня 2024г.

Начальник отдела разработки

 У.Н. Асекритов

« 3 » июня 2024 г.

Руководитель IT-проектов

 С.С. Шахов

« 3 » июня 2024г.

2024

Инд. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подпись и дата	Инд. № дубл.

УТВЕРЖДЕН

**ПРОГРАММА ДЛЯ ЭВМ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧАСОВ ПИКОВОЙ НАГРУЗКИ И
ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ
(«ЭНЕРГОБИТ»)
Описание программы**

Листов 46

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

АННОТАЦИЯ

Настоящий документ разработан специалистами ООО «БИТ» в рамках работ по разработке программы для ЭВМ с использованием искусственного интеллекта для прогнозирования часов пиковой нагрузки и оптимизации энергопотребления организации (далее – ПО «ЭнергоБИТ»).

Документ представлен в семи разделах.

Раздел 1 содержит общие сведения о ПО «ЭнергоБИТ». В разделе указано полное наименование программного обеспечения, стороннее программное обеспечение, которое необходимо для его функционирования, и языки программирования, используемые при создании ПО «ЭнергоБИТ».

Раздел 2 содержит описание назначения и функций, реализованных в ПО «ЭнергоБИТ».

Раздел 3 – основной раздел документа – содержит описание логической структуры ПО «ЭнергоБИТ». Даны сведения о работе алгоритмов ПО «ЭнергоБИТ» с описанием функций составных частей и связей между ними.

Раздел 4 содержит описание и характеристики используемых ПО «ЭнергоБИТ» технических средств.

Раздел 5 содержит описание действий для начала работы с ПО «ЭнергоБИТ».

В разделах 6 и 7 приведены сведения о входных и выходных данных ПО «ЭнергоБИТ».

СОДЕРЖАНИЕ

1	Общие сведения	5
1.1	Обозначение и наименование программы	5
1.2	Программное обеспечение, необходимое для функционирования программы.....	5
1.3	Языки программирования, на которых написана программа	5
2	Функциональное назначение	6
3	Описание логической структуры	7
3.1	Структура ПО «ЭнергоБИТ».....	7
3.2	Подсистема получения и хранения информации об энергопотреблении, ценах на электроэнергию и часах пиковой нагрузки	10
3.2.1	База данных	10
3.3	Подсистема выработки рекомендаций по оптимизации и управлению энергопотреблением в часы пиковой нагрузки.....	11
3.3.1	Ценовой калькулятор	13
3.3.2	Рекомендации по снижению энергопотребления в прогнозируемые часы пиковой нагрузки	18
3.3.3	Рекомендации по переключению в определённые часы между точками учёта	21
3.3.4	Рекомендации по эффективному планированию объёмов потребления электроэнергии	21
3.4	Подсистема расчёта количественных и финансовых показателей по потреблённой электроэнергии и затратах на электроэнергию на заданный промежуток времени.....	21
3.4.1	Прогнозирование и анализ	22
3.4.1.1	Модуль прогнозирования часов пиковой нагрузки.....	22
3.4.1.2	Модуль прогнозирования цен на электроэнергию	26
3.4.1.3	Модуль анализа и прогнозирования энергопотребления	29

3.4.1.4	Расчёт количественных и финансовых показателей по потреблению электроэнергии на заданный промежуток времени	33
3.5	Система управления правами пользователей	36
3.6	Web интерфейс.....	39
4	Используемые технические средства	39
5	Вызов и загрузка	41
5.1	Способ вызова программы с соответствующего носителя данных	41
5.2	Входные точки в программу.....	41
6	Входные данные.....	42
6.1	Характер, организация и предварительная подготовка входных данных	42
6.2	Формат, описание и способ кодирования входных данных	42
7	Выходные данные	43
	Обозначения и сокращения	44
	Термины и определения	45

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 Обозначение и наименование программы

Программа для ЭВМ с использованием искусственного интеллекта для прогнозирования часов пиковой нагрузки и оптимизации энергопотребления организаций.

Обозначение: ПО «ЭнергоБИТ».

1.2 Программное обеспечение, необходимое для функционирования программы

Для функционирования ПО «ЭнергоБИТ» необходимо следующее программное обеспечение:

- операционная система Linux Ubuntu;
- Docker.

1.3 Языки программирования, на которых написана программа

Сервисы прогнозирования написаны на языке программирования Python 3.11. Программы поставляется в виде архивов с исходным кодом сервисов, предназначенных к функционированию в операционной системе Linux Ubuntu в изолированных docker-контейнерах.

Основное приложение написано на языке программирования Java с использованием Spring framework, Hibernate, Deeplearning4j. Приложение поставляется в видео .jar архива Linux Ubuntu.

Полный перечень поддерживаемых версий Linux Ubuntu смотрите по ссылке:

<https://www.oracle.com/java/technologies/javase/products-doc-jdk21certconfig.html>

2 ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ

Главным функциональным назначением ПО «ЭнергоБИТ» является автоматизация процесса принятия управленческих решений по снижению затрат на электроэнергию за счёт:

- представления данных о текущем уровне рыночных цен и показателей потребления электрической энергии;
- подготовки предложений по оптимизации энергопотребления;
- наглядного отображения в интуитивно понятном визуальном интерфейсе информации о затратах, технических параметрах потребления и качестве электрической энергии;
- выдачи информации о работе электропотребляющего оборудования и интеллектуальной системы учёта электроэнергии.

В ПО «ЭнергоБИТ» реализованы следующие функции:

- чтение объёмов энергопотребления, почасовых рыночных цен и часов пиковой нагрузки за определённый период для заданного объекта, категории, мощности и уровня напряжения;
- статистический анализ выбранного набора данных;
- построение графиков и диаграмм;
- отображение результатов прогнозирования в табличном и графическом виде с расчётом стандартных показателей точности прогноза;
- определение оптимального суточного профиля энергопотребления с учётом заданных ограничений.

3 ОПИСАНИЕ ЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

3.1 Структура ПО «ЭнергоБИТ»

В целом ПО «ЭнергоБИТ» состоит из следующих подсистем:

- подсистема получения и хранения информации об энергопотреблении, ценах на электроэнергию и часах пиковой нагрузки;
- подсистема выработки рекомендаций по оптимизации и управлению энергопотреблением в часы пиковой нагрузки;
- подсистема расчёта количественных и финансовых показателей по потреблённой электроэнергии и затратах на электроэнергию на заданный промежуток времени.

Указанные выше подсистемы включают в себя следующие компоненты ПО «ЭнергоБИТ»:

- сервисы с использованием методов искусственного интеллекта:
 - модуль анализа и прогнозирования энергопотребления;
 - модуль прогнозирования цен на электроэнергию;
 - модуль прогнозирования часов пиковой нагрузки.
- ценовой калькулятор;
- базы данных;
- система управления правами пользователей;
- web-интерфейс.

Взаимодействие сервисов осуществляется с помощью системы gRPC, по протоколам HTTP/2.

ПО «ЭнергоБИТ» имеет гибридную микросервисную архитектуру, то есть построено по принципам облачного сервиса, так и по принципам отдельно поставляемого продукта.

Схема архитектуры ПО «ЭнергоБИТ» представлена на Рисунке 1.

Основное приложение представляет собой монолит, содержащий веб-сервис с интерфейсной частью и логику отображения данных, оповещения о

событиях, ценовой калькулятор. Функции импорта данных по ценам, часам пиковой нагрузки, данных от приборов учёта, прочих данных выделены в отдельные микросервисы. Для удобства интеграции и обновления модули с использованием методов искусственного интеллекта тоже выделены в отдельные микросервисы (docker-контейнеры).

Вариант отдельной поставки приложения клиентам предполагает размещение на серверах Заказчика основного веб-сервиса и сервисов по сбору информации с приборов учёта. Данные хранятся в локальной клиентской базе данных. Все сведения, требуемые системой, из внешних источников синхронизируются с основного облачного сервиса ООО «БИТ». Основной сервер лицензий так же находится на серверах ООО «БИТ». На серверах Заказчиков может располагаться вспомогательный сервис лицензирования, позволяющий работать при отключении от интернета и/или в закрытом сетевом контуре. Из-за повышенных требований по безопасности при передаче данных между клиентским сервером и основным сервером приложения, вся информация передаётся по зашифрованным каналам связи.

Приоритетным является вариант, при котором все операции по выработке рекомендаций и расчёт прогнозов нейросетью осуществляются на облачных серверах ООО «БИТ».

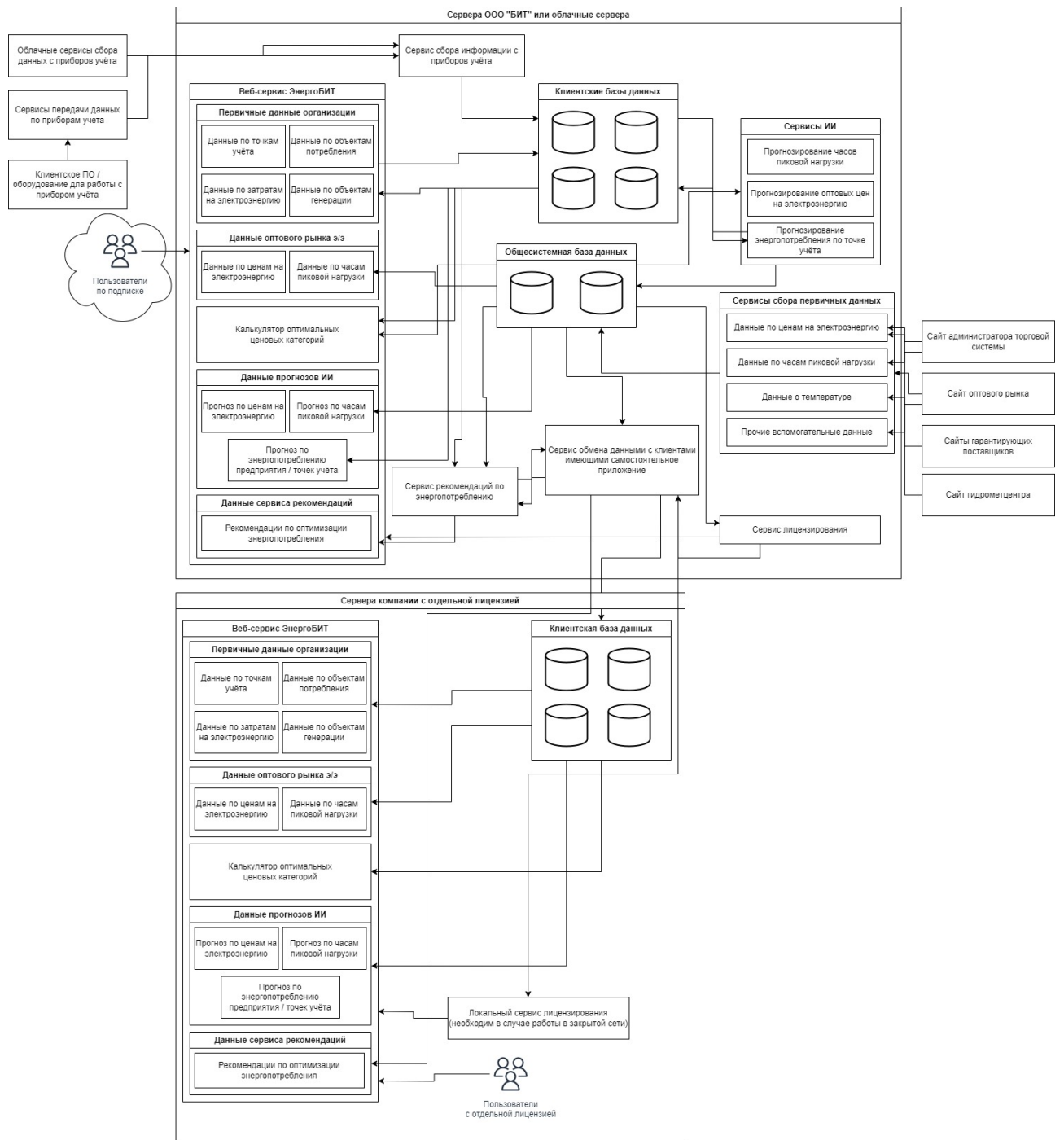


Рисунок 1. Схема архитектуры ПО «ЭнергоБИТ»

3.2 Подсистема получения и хранения информации об энергопотреблении, ценах на электроэнергию и часах пиковой нагрузки

3.2.1 База данных

База данных реализована в СУБД «PostgreSQL».

В БД выделено три группы данных:

- глобальные (в т.ч. публично доступные);
- общесистемные данные;
- клиентские данные.

Глобальные (в том числе публично доступные) данные включают в себя сведения об оптовых ценах на электроэнергию, справочник регионов, данные о часах пиковой нагрузки и др.

Общесистемные данные включают в себя пользователей, организации (клиенты и их контрагенты), права доступа.

Клиентские данные включают в себя сведения о филиалах, зданиях, точках и приборах учёта, показаниях приборов учёта (в т. ч. прогнозных), оборудовании, генераторах, сотрудниках и т.п.

Первые две группы, так как являются общими для всех клиентов, были выделены в отдельную, общую базу данных – EMNG_CORE.

Пользовательские данные хранятся в клиентских базах, на каждую организацию - клиента своя база данных – EMNG_CLIENT. Взаимодействие между данными различных клиентов не предполагается.

В этой подсистеме происходит автоматическое и ручное внесение данных, а также визуальная оценка наполнения БД данными.

Структура баз данных организована с учётом возможной распределённой и высоконагруженной работы приложения. При необходимости отдельные домены (разделы) предметной области возможно выделять в собственные независимые базы данных.

3.3 Подсистема выработки рекомендаций по оптимизации и управлению энергопотреблением в часы пиковой нагрузки

Подсистема для выработки рекомендаций — это элемент программного обеспечения, который помогает проанализировать полученные в процессе расчёта данные и помочь в принятии решения о применении комплекса мер по снижению затрат на электроэнергию.

На вход в подсистему поступают данные из следующих источников:

- прогноз энергопотребления;
- прогноз цен на электроэнергию;
- прогноз часов пиковой нагрузки;
- плановые показатели организации;
- с сайтов гарантирующих поставщиков;
- с сайта администратора торговой системы;
- данные о сотрудниках организации;
- из интеллектуальных приборов учёта;
- энергетического паспорта организации;
- данных о почасовых лимитах энергопотребления организации;
- ведомости энергопотребления организации;
- данные производственного календаря организации;
- с сайта гидрометцентра информация о погоде;
- ценовой калькулятор.

На выходе из подсистемы в web-интерфейсе ПО «ЭнергоБИТ» по требованию пользователя формируются следующие данные:

- рекомендации по выбору оптимальных ценовых категорий с помощью ценового калькулятора;
- рекомендации по снижению энергопотребления в прогнозируемые часы пиковой нагрузки;

- рекомендации по предельным значениям объёма (профиля) энергопотребления, при которых использование текущей ценовой категории становится невыгодным;
- рекомендации по разбивке или объединению точек учёта с целью оптимизации расходов на энергопотребление;
- рекомендации по переключению в определённые часы между точками учёта;
- рекомендации по эффективному планированию объёмов потребления электроэнергии;
- рекомендации по планированию мощности при 5 и 6 ценовых категориях.

На рисунке 2 представлена блок-схема алгоритма работы подсистемы для выработки рекомендаций по оптимизации и управлению энергопотреблением в часы пиковой нагрузки.

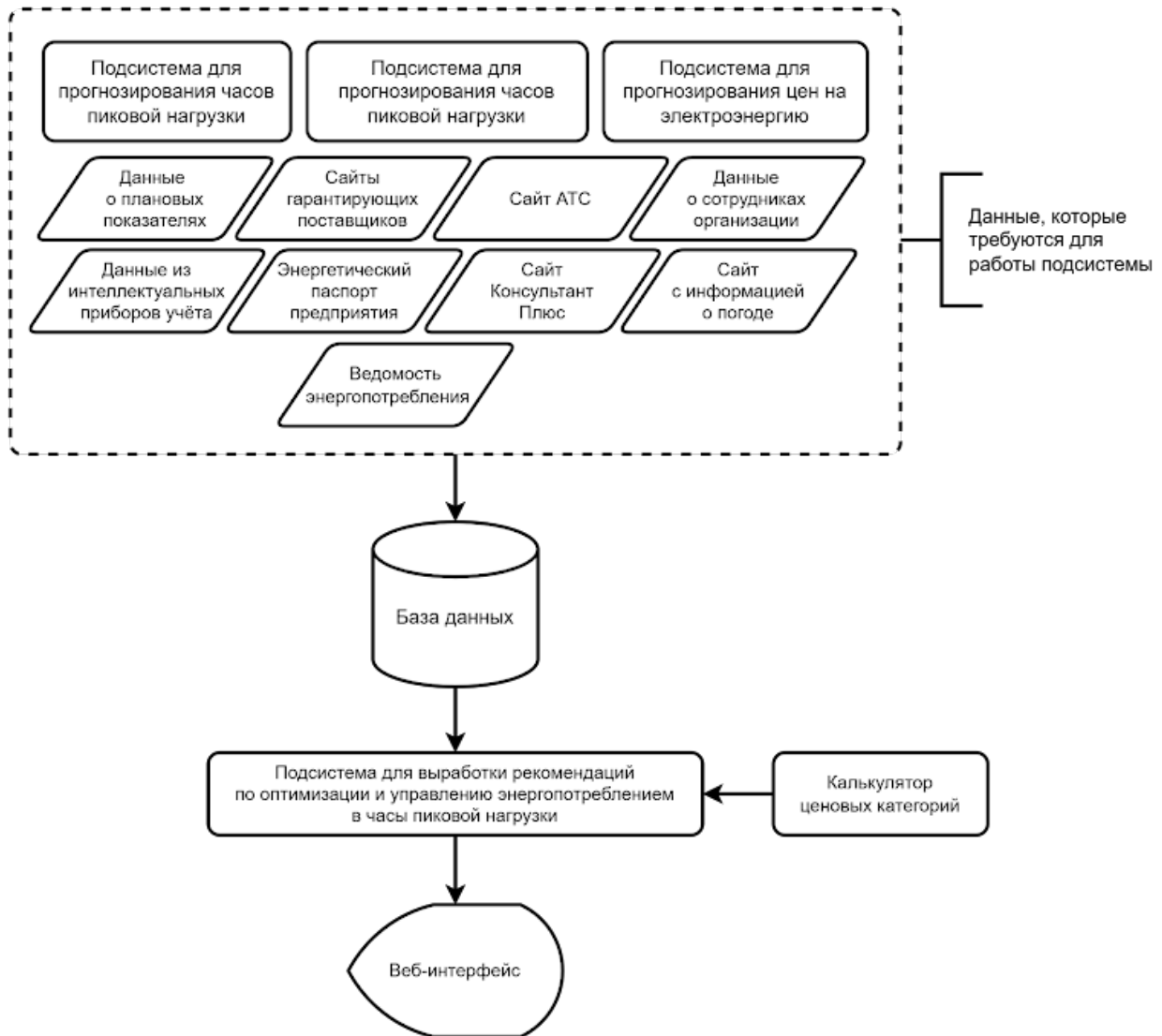


Рисунок 2. Блок-схема алгоритма работы подсистемы для выработки рекомендаций по оптимизации и управлению энергопотреблением в часы пиковой нагрузки.

3.3.1 Ценовой калькулятор

Ценовой калькулятор – Java–приложение, позволяющее определить оптимальную ценовую категорию электропотребления, обеспечивающую минимальные (по критерию цены и общей стоимости) затраты на оплату электроэнергии для точек учёта с имеющимися показателями (профилем) почасового потребления электроэнергии.

Ценовой калькулятор помогает анализировать энергопотребление на предприятии, мониторить рынок цен на электроэнергию и рассчитывать самую выгодную ценовую категорию для данного предприятия.

Расчёт ценовых категорий производится в соответствии с «Правила определения и применения гарантирующими поставщиками нерегулируемых цен на электрическую энергию (мощность) (в ред. Постановлений Правительства РФ от 29.12.2011 N 1179, от 04.05.2012 N 442).

В расчёте используются данные согласно приложению к Приказу Федеральной антимонопольной службы от 6 декабря 2022 г. № 933/22 "Об утверждении интервалов тарифных зон суток для потребителей на 2023 год (за исключением населения и (или) приравненных к нему категорий)"

На рисунке 3 представлена блок-схема алгоритма работы ценового калькулятора.

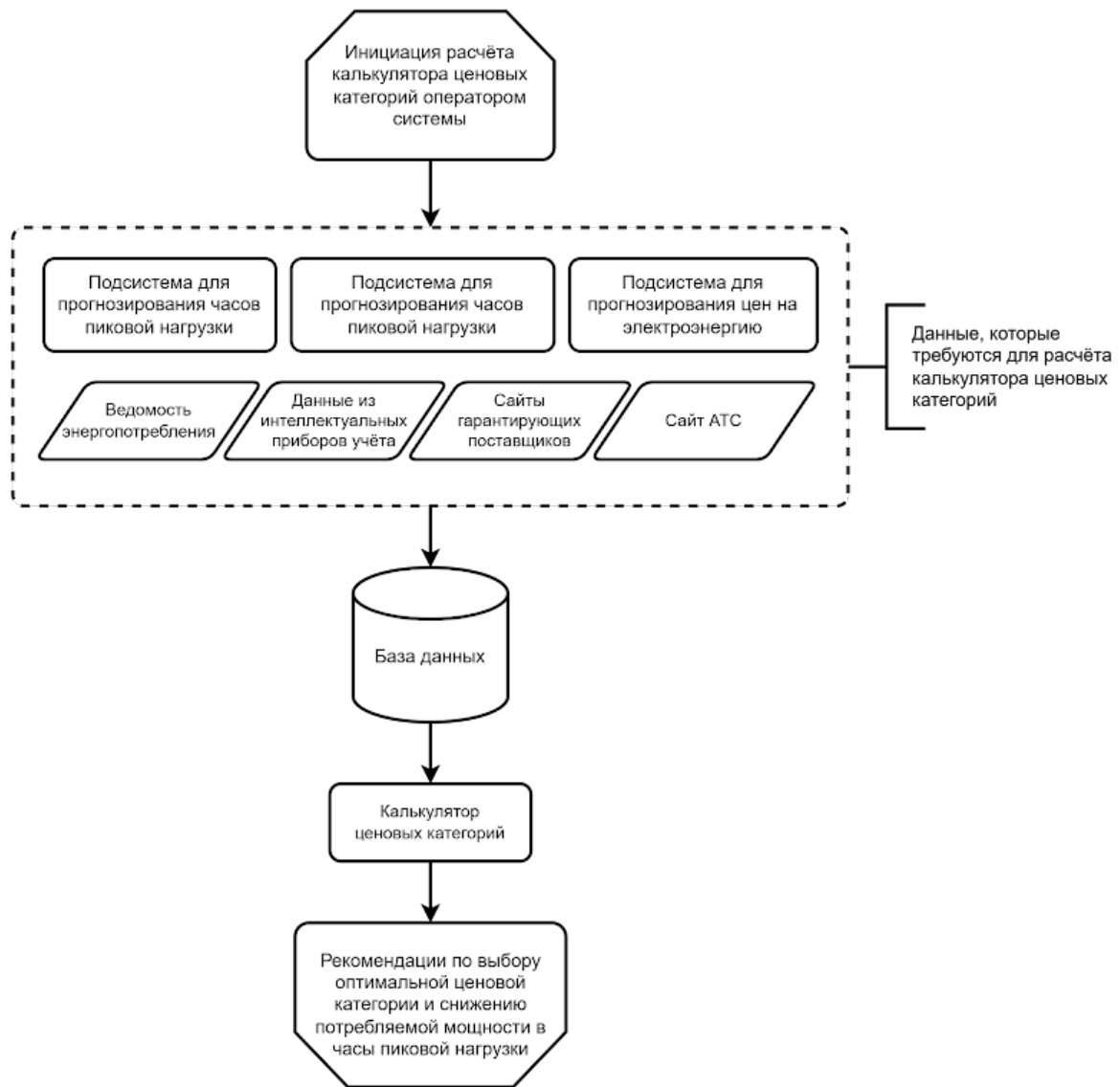


Рисунок 3. Блок-схема алгоритма работы ценового калькулятора.

Для обеспечения суммирования профилей потребления по различным точкам учёта для нахождения оптимального группового профиля для применения минимальной по затратам ценовой категории в ценовом калькуляторе существует возможность проводить анализ потенциального объединения данных по нескольким точкам предприятия для дальнейшей выдачи рекомендаций.

Для расчёта наиболее выгодного тарифа на электроэнергию (выбора ценовой категории) необходимо ввести следующие данные:

- субъект РФ, где расположен потребитель электроэнергии;

- диапазон мощности (первая группа - от 10 МВт, вторая группа - от 670 кВт до 10 МВт, третья группа - до 670 кВт, при этом необходимо учитывать, что предприятиям, входящим в первую и вторую группу возможен учет только с 3 по 6 ЦК);

- уровень напряжения (ВН – присоединение на сетях 110 кВ и выше, СН1 – присоединение на сетях от 35 кВ, но не более 110 кВ, СН2 – присоединение на сетях от 1 кВ, но не более 35 кВ, НН – присоединение на сетях до 1 кВ;

- почасовые данные учета потребленной электроэнергии за месяц (профиль мощности).

На рисунке 4 представлена логическая схема ценового калькулятора.

В ценовой калькулятор производятся следующие виды расчётов для одной точки учёта:

- расчёт текущей стоимости по текущей ЦК для расчёта выгоды;
- расчёты для всех возможных комбинаций мощности, напряжений, типов договора.

Если есть точки объединённые в группы, то производятся следующие расчёты:

- расчёт суммарного потребления по точкам учета, объединенным в группу;
- расчёт затрат на электроэнергию, в случае оплаты по каждой ТУ отдельно;
- расчёты для всех возможных комбинаций мощности, напряжений, типов договора.

Полученные данные в результате расчёта сохраняются в БД, которые затем служат для формирования рекомендации о смене ценовой категории. Блок-схема алгоритма формирования рекомендации о смене ценовой категории представлена на рисунке 5.

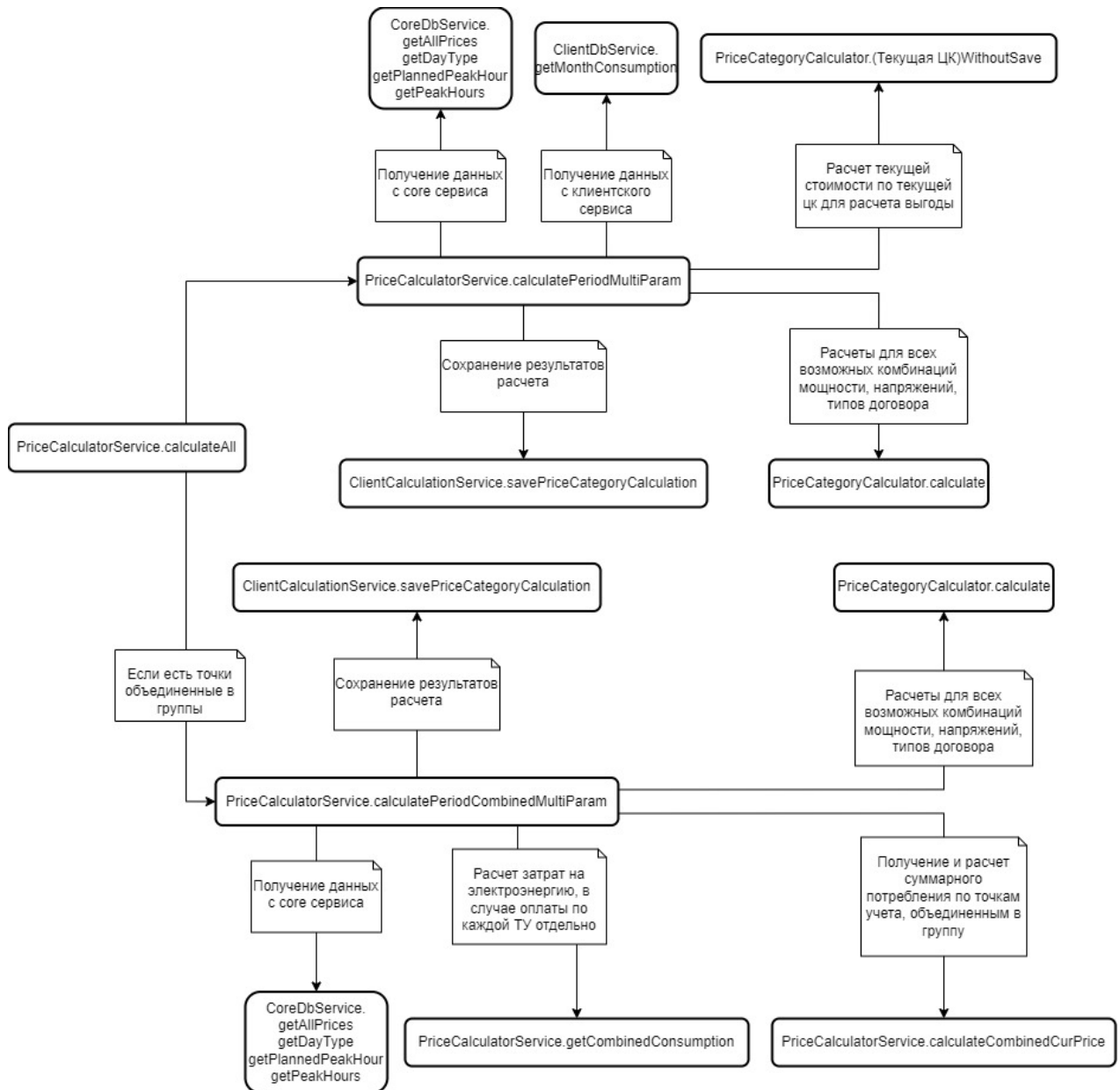


Рисунок 4. Логическая схема ценового калькулятора

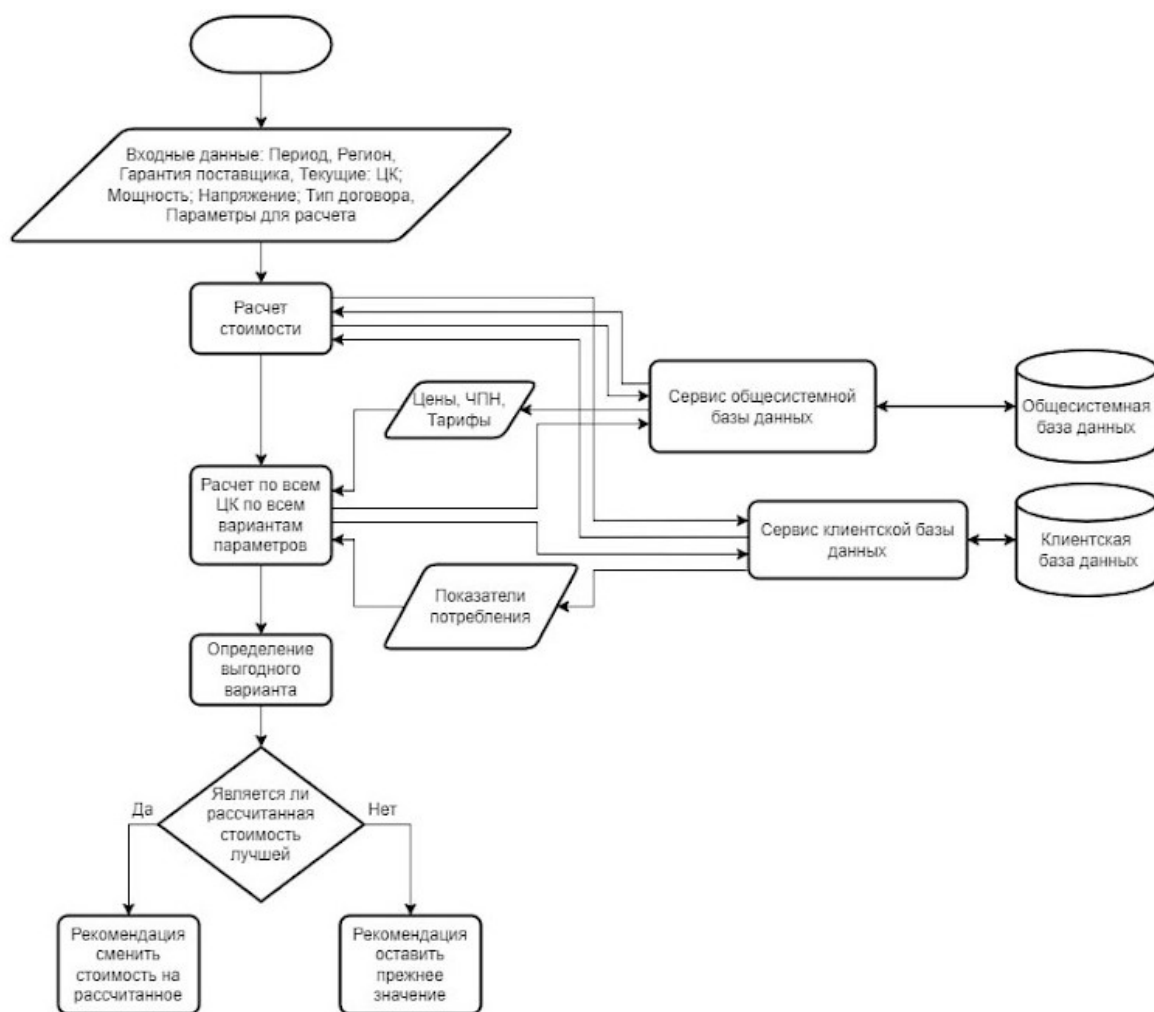


Рисунок 5. Алгоритм формирования рекомендации о смене ценовой категории

3.3.2 Рекомендации по снижению энергопотребления в прогнозируемые часы пиковой нагрузки

Результатом прогнозирования часов пиковой нагрузки, производимым модулем для прогнозирования часов пиковой нагрузки с использованием методов искусственного интеллекта, являются наиболее вероятные часы в рабочие дни в течение прогнозируемого периода (неделя, месяц, квартал, год), на которые вероятнее всего будет приходиться наибольшее потребление электроэнергии и мощности в прогнозируемом регионе.

В подсистеме для выработки рекомендаций по оптимизации и управлению энергопотреблением в часы пиковой нагрузки формируется отчёт в формате таблицы с указанием четырёх наиболее вероятных часа пиковой нагрузки и даётся рекомендация о снижении электропотребления или переходе на альтернативные источники питания (генераторы, накопители) в указанные часы. Для выполнения рекомендаций необходимо проанализировать режим работы оборудования и, при необходимости, изменить режим его работы в часы пиковой нагрузки.

В таблице 1 представлен пример прогноза часов пиковой нагрузки на неделю вперёд.

Таблица 1. Результат прогноза часов пиковой нагрузки.

Дата	Первый вероятностный час	Второй вероятностный час	Третий вероятностный час	Четвёртый вероятностный час
04.12.2023	10	9	11	16
05.12.2023	10	9	11	16
06.12.2023	10	9	11	16
07.12.2023	10	9	11	16
08.12.2023	9	10	16	13

Блок-схема алгоритма автоматизации формирования прогнозов через сервисы с искусственным интеллектом представлена на рисунке 6.

Рекомендации по мероприятиям управления энергопотреблением, включая рекомендации по снижению энергопотребления в прогнозируемые часы пиковой нагрузки, отображаются в web-интерфейсе ПО «ЭнергоБИТ».

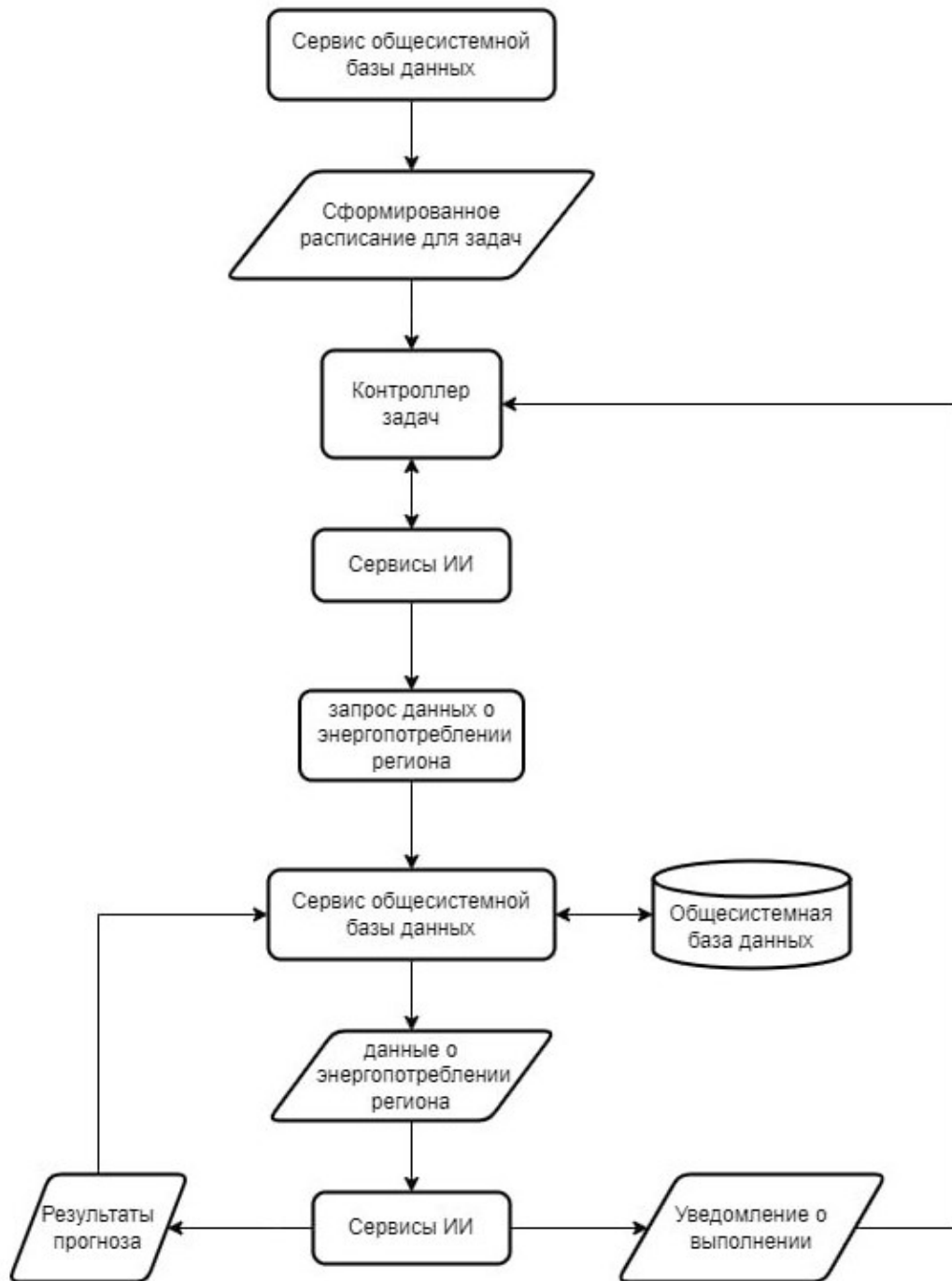


Рисунок 6. Блок-схема - Алгоритм автоматизации формирования прогнозов через сервисы с искусственным интеллектом

Подробнее модуль прогнозирования часов пиковой нагрузки с использованием методов искусственного интеллекта описан в пп. 3.4.1.1.

3.3.3 Рекомендации по переключению в определённые часы между точками учёта

Используя полученные результаты по прогнозу часов пиковой нагрузки из модуля прогнозирования часов пиковой нагрузки с использованием методов искусственного интеллекта, формируются рекомендации по переключению в определённые часы между точками учёта в данные часы в виде отчёта в web-интерфейсе ПО «ЭнергоБИТ».

3.3.4 Рекомендации по эффективному планированию объёмов потребления электроэнергии

Используя полученные результаты по прогнозу потребления электроэнергии организацией из модуля анализа и прогнозирования энергопотребления с использованием методов искусственного интеллекта, формируются рекомендации по эффективному планированию объёмов потребления электроэнергии в виде отчёта в web-интерфейсе ПО «ЭнергоБИТ».

3.4 Подсистема расчёта количественных и финансовых показателей по потреблённой электроэнергии и затратах на электроэнергию на заданный промежуток времени

Из подсистемы для получения и хранения информации об энергопотреблении, ценах на электроэнергию и часах пиковой нагрузки поступают следующие данные :

- данные о потреблении и качестве электроэнергии организации;
- данные о часах пиковой нагрузки;
- данные о ценах на электроэнергию;
- данными о почасовых лимитах потребления организации.

Эти данные поступают в следующие компоненты:

- ценовой калькулятор;
- модули прогнозирования часов пиковой нагрузки, цен на электроэнергию, анализа и прогнозирования энергопотребления с использованием искусственного интеллекта.

Полученная информация визуализируется в виде виджетов, которые отображаются на рабочих столах web-сервиса. На виджетах присутствуют результаты расчётов и прогнозов, а также данными предприятия, которые заносятся в автоматизированном или ручном режиме.

3.4.1 Прогнозирование и анализ

Прогнозирование и анализ в системе осуществляются, в зависимости от целей, на основании различных данных.

3.4.1.1 Модуль прогнозирования часов пиковой нагрузки

На основании информации, полученной из внешних источников, в базе данных сохраняются и регулярно пополняются и обновляются данные о часах пиковой нагрузки за предыдущие периоды, производственный календарь на прогнозируемый период и данные об энергопотреблении региона за предыдущие периоды. Результат прогнозирования часов пиковой нагрузки на заданный период записывается в базу данных.

На рисунке 7 представлена блок-схема алгоритма работы подсистемы для прогнозирования часов пиковой нагрузки.

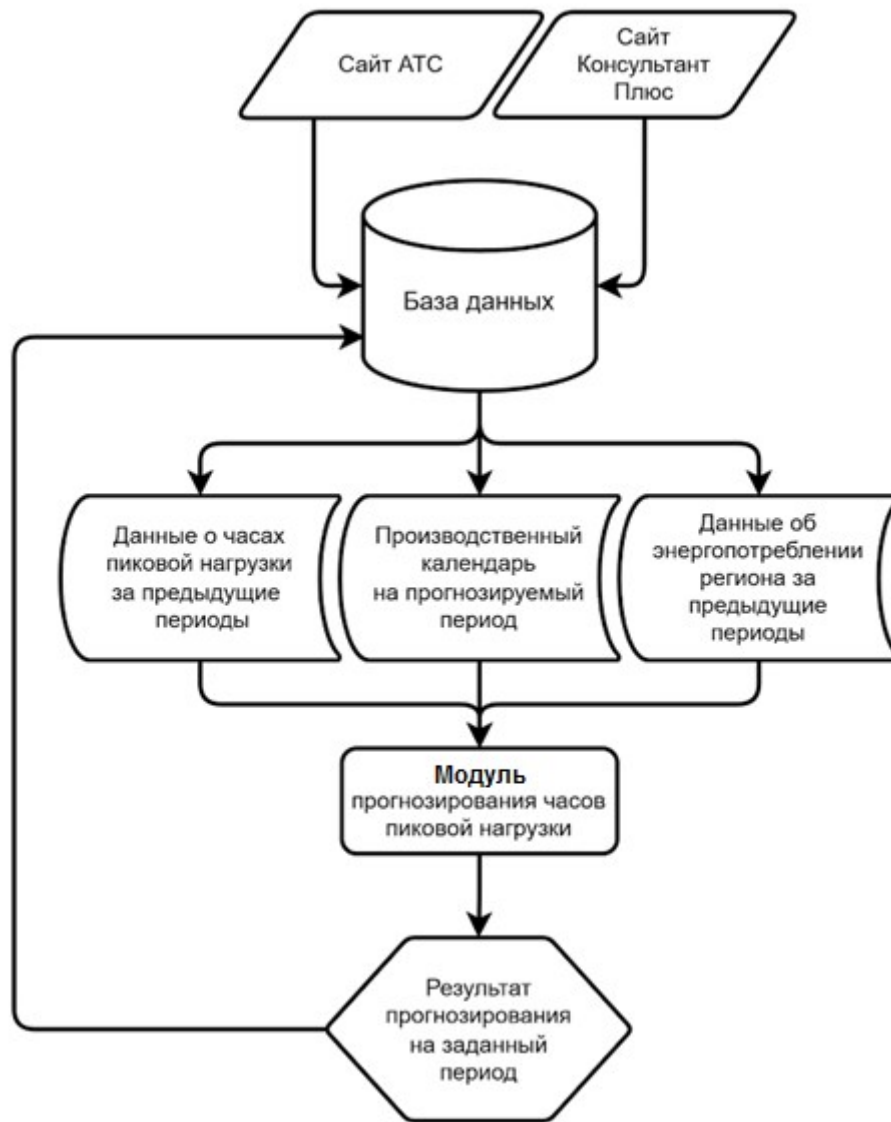


Рисунок 7. Блок-схема алгоритма работы подсистемы для прогнозирования часов пиковой нагрузки.

Для прогнозирования часов пиковой нагрузки в программу передаем данные за 62 дня и на выходе получаем результат в виде JSON файла, в котором указаны часы в рабочие дни с предполагаемой пиковой нагрузкой.

Схема состава и алгоритма работы модуля прогнозирования часов пиковой нагрузки с использованием методов искусственного интеллекта представлена на Рисунке 8.

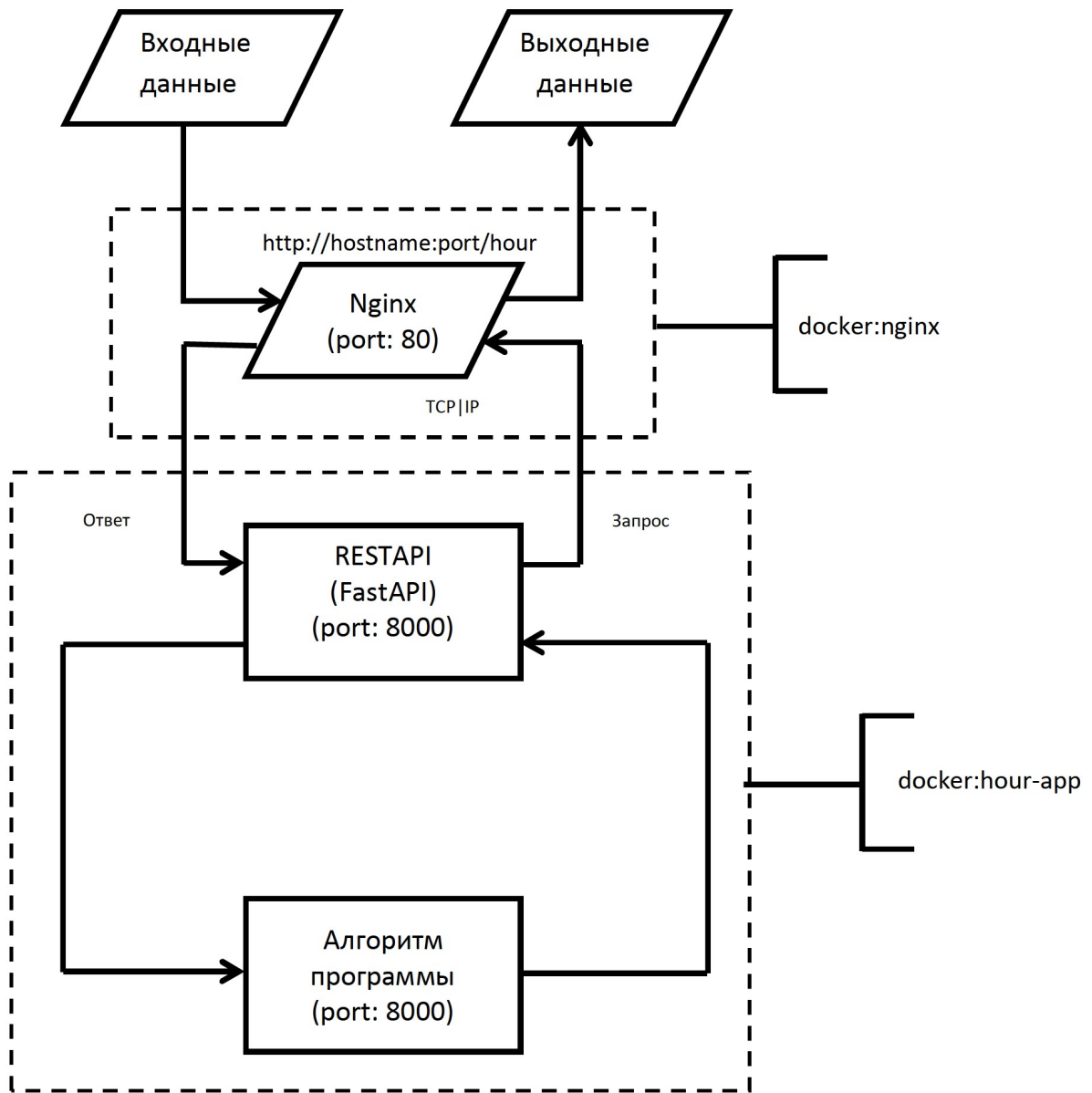


Рисунок 8. Схема состава и алгоритма работы модуля прогнозирования часов пиковой нагрузки с использованием методов искусственного интеллекта

Подсистема представляет собой REST API в котором содержится реализация алгоритмов прогнозирования часов пиковой нагрузки. При запросе на получение прогнозирования на вход поступает данные о часах пиковой нагрузки за предыдущий месяц в формате json, а на выходе - прогнозирование часов пиковой нагрузки на следующий месяц, также в формате json. Nginx и REST API работают в изолированных docker-контейнерах, которые связаны между собой по протоколу TCP/IP.

Входные данные для алгоритма поступают в формате json, в котором содержится признак принадлежности часа к часу с пиковым значением (1-да, 0-нет) и данные о ID конфигурации алгоритма. Система может использовать несколько алгоритмов в зависимости от выбранной категории потребителей.

Для прогнозирования часов пиковой нагрузки алгоритм использует данные о часах пиковой нагрузки за предыдущий месяц с учётом часов час пик, выработки и потребления электроэнергии.

Прокси-сервер Nginx, позволяет ретранслировать запрос из 80 порта на 8000 порт. Формат запроса выглядит следующим образом: `http://hostname:port/hour`.

Из Nginx запрос передаётся в REST API, где проверяется (валидируется) на правильность структуры входных данных для REST API. Далее входные данные преобразуются во входной вектор, который подаётся в алгоритм прогнозирования.

В алгоритме программы происходит прогнозирование часов пиковой нагрузки на следующий месяц, которое на выходе представляет собой выходной вектор прогнозирования, который преобразуется в выходные данные в формате json.

Для прогнозирования часов пиковой нагрузки в данном сервисе применяется комбинация полносвязной нейронной сети и нейронной сети LSTM.

Выходной json имеет данные о прогнозировании часов пиковой нагрузки на месяц вперёд за каждый час, в зависимости от выбранной категории потребителя, который передаётся потребителю.

3.4.1.2 Модуль прогнозирования цен на электроэнергию

Основой для подсистемы прогнозирования цен на электроэнергию являются данные об оптовых ценах за предыдущие периоды, которые получены из внешних источников. Полученный результат прогнозирования цен на электроэнергию на заданный период записывается в базу данных.

На рисунке 9 представлена блок-схема алгоритма работы подсистемы для прогнозирования цен на электроэнергию.

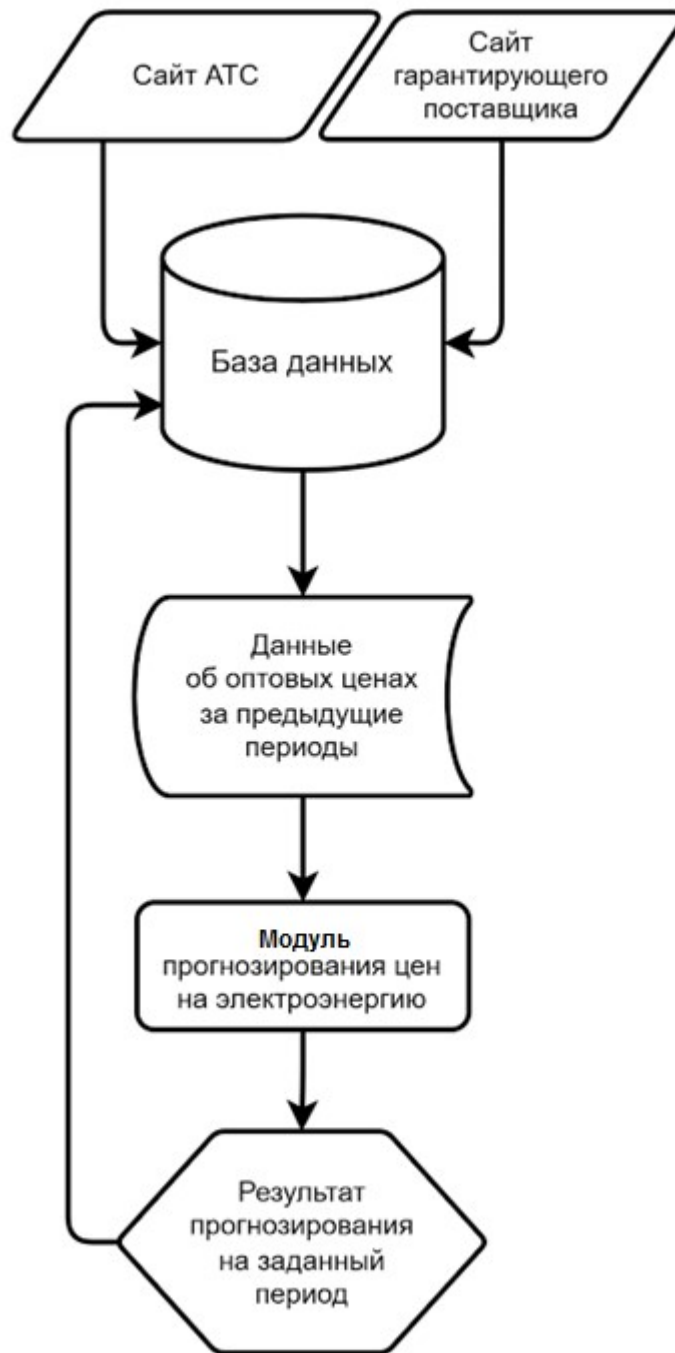


Рисунок 9. Блок-схема алгоритма работы подсистемы для прогнозирования цен на электроэнергию.

Схема состава и алгоритма работы модуля прогнозирования цен на электроэнергию с использованием методов искусственного интеллекта представлена на Рисунке 10.

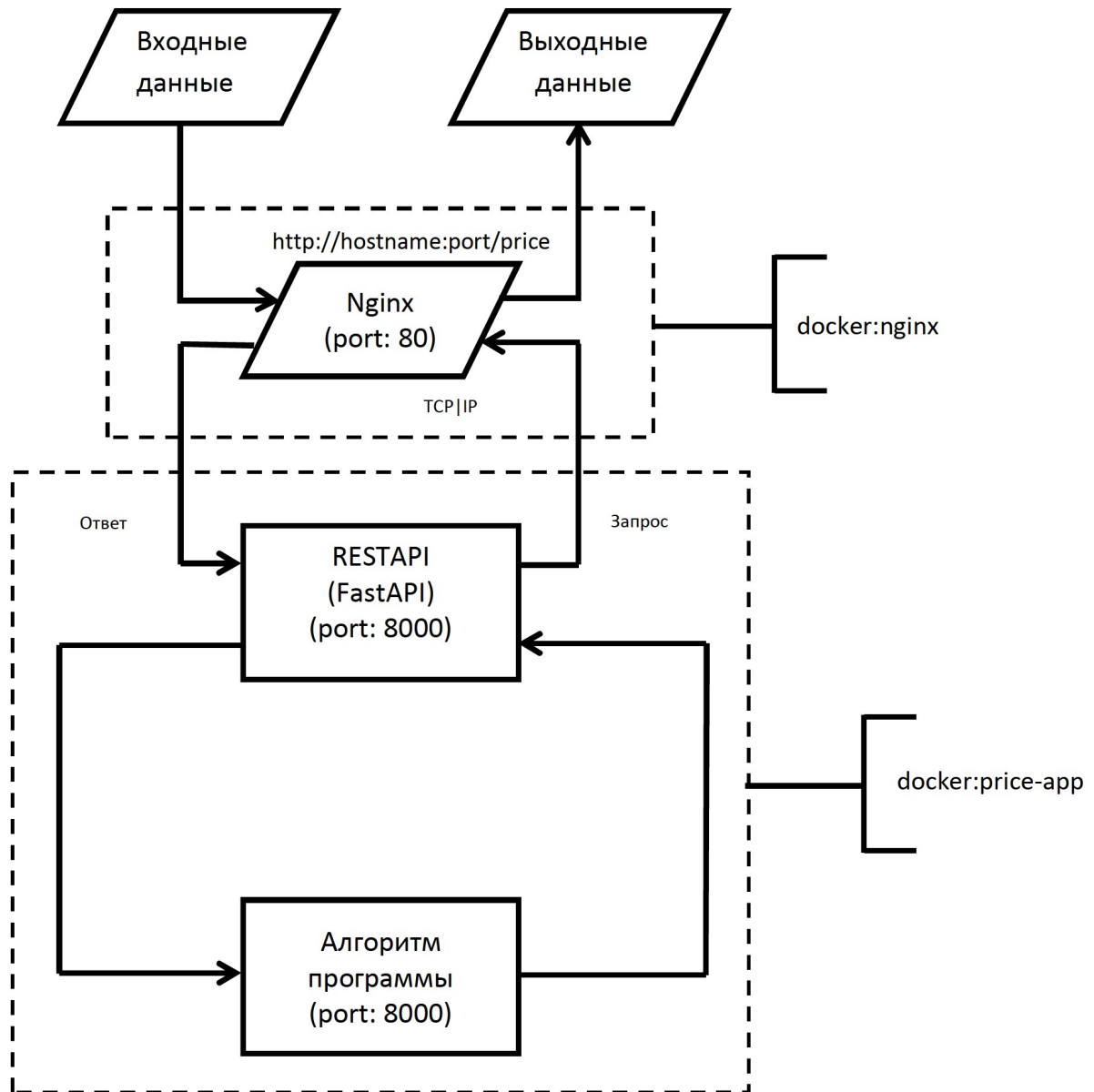


Рисунок 10. Схема состава и алгоритма работы модуля прогнозирования цен на электроэнергию с использованием методов искусственного интеллекта

Подсистема представляет собой REST API в котором содержится реализация алгоритмов прогнозирования цен на электроэнергию. При запросе на получение прогнозирования на вход поступает данные о цене на электроэнергию за предыдущий месяц за каждый час в формате json, а на выходе - прогнозирование цен на электроэнергию на следующий месяц на каждый час, также в формате json. Nginx и REST API работают в изолированных docker-контейнерах, которые связаны между собой по протоколу TCP/IP.

Входные данные для алгоритма поступают в формате json, в котором содержится 1008 значений параметров и данные о ID конфигурации алгоритма. Система может использовать несколько алгоритмов в зависимости от выбранной категории потребителей.

Для прогнозирования цен на месяц по часам алгоритм использует данные о ценах на электроэнергию за предыдущий месяц с учётом часов пиковой нагрузки.

Прокси-сервер Nginx, позволяет ретранслировать запрос из 80 порта на 8000 порт. Формат запроса выглядит следующим образом: `http://hostname:port/price`.

Из Nginx запрос передаётся в REST API, где проверяется (валидируется) на правильность структуры входных данных для REST API. Далее входные данные преобразуются во входной вектор, который подаётся в алгоритм прогнозирования.

В алгоритме программы происходит прогнозирование цен за электроэнергию, которое на выходе представляет собой выходной вектор прогнозирования, который преобразуется в выходные данные в формате json.

Для прогнозирования цен на электроэнергию в данном сервисе применяется полносвязная нейронная сеть. Данный тип сети представляет из себя множество нейронов-сумматоров МакКаллока-Питтса.

Выходной json имеет данные о прогнозировании энергопотребления на месяц вперёд за каждый час (744 значений параметров), в зависимости от выбранной категории потребителя, который передаётся потребителю.

3.4.1.3 Модуль анализа и прогнозирования энергопотребления

Основу для работы подсистемы составляют:

- данные из интеллектуальных приборов учёта;
- данные предприятия, полученные из энергетического паспорта;
- данные из ведомости потребления, информация о погоде;

- данные производственного календаря;
- данные об энергопотреблении предприятия за предыдущие периоды;
- производственный календарь на прогнозируемый период;
- данные о погоде за предыдущие периоды;
- данные об использовании оборудования за предыдущие и планируемые периоды.

На рисунке 11 представлена блок-схема алгоритма работы подсистемы анализа и прогнозирования энергопотребления.

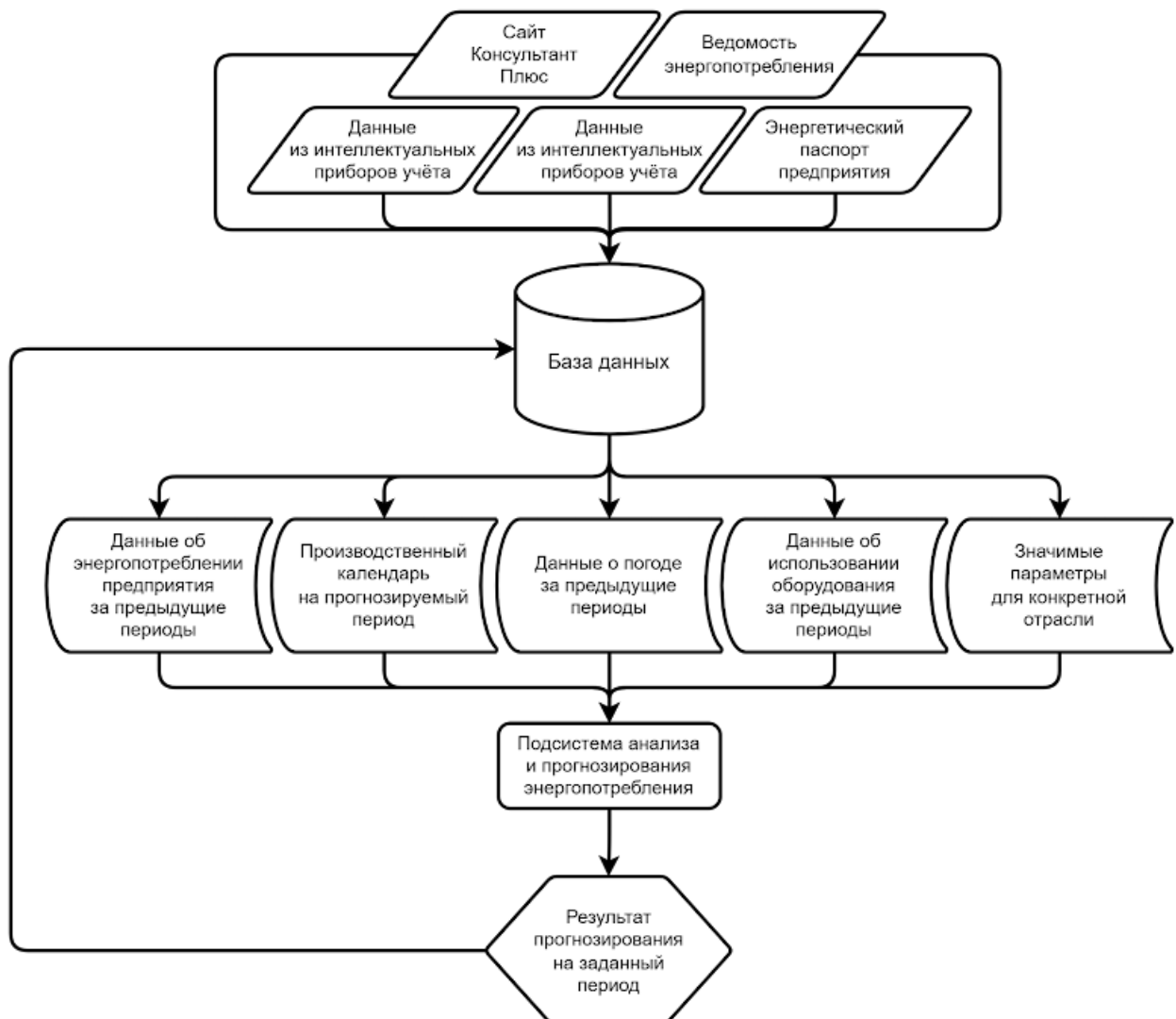


Рисунок 11. Блок-схема алгоритма работы подсистемы анализа и прогнозирования энергопотребления.

Схема состава и алгоритма работы модуля анализа и прогнозирования энергопотребления с использованием методов искусственного интеллекта представлена на Рисунке 12.

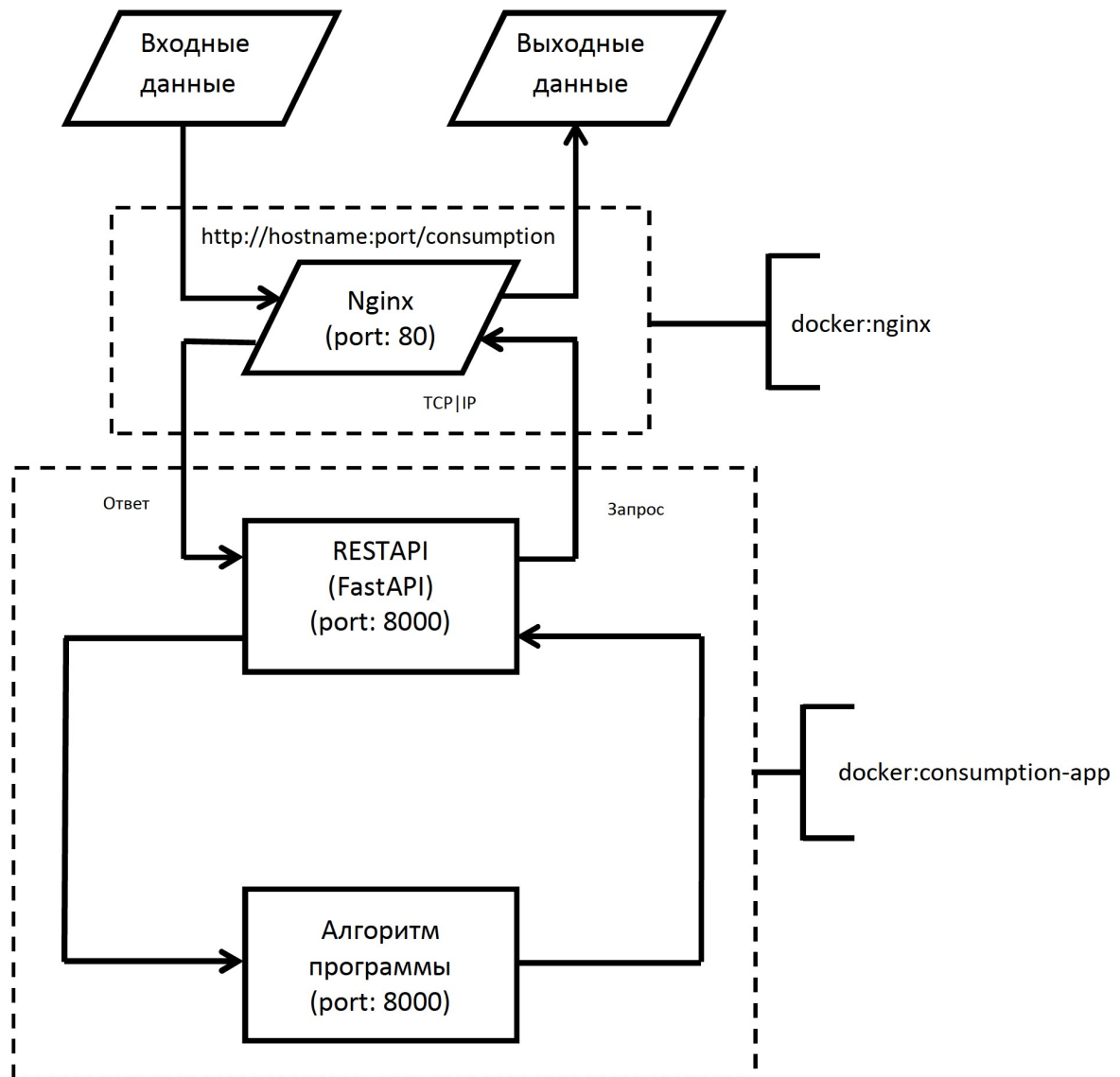


Рисунок 12. Схема состава и алгоритма работы модуля анализа и прогнозирования энергопотребления с использованием методов искусственного интеллекта

Вся подсистема представляет собой REST API в котором содержится реализация алгоритмов прогнозирования энергопотребления. При запросе на получение прогнозирования на вход поступает данные о энергопотреблении в формате json, а на выходе прогнозирование энергопотребления, также в

формате json. Nginx и REST API работают в изолированных docker-контейнерах, которые связаны между собой по протоколу TCP/IP.

Входные данные для алгоритма поступают в формате json, в котором содержится 1440 значений параметров и данные о ID конфигурации алгоритма. Система может использовать несколько алгоритмов в зависимости от выбранной категории потребителей.

Для прогнозирования энергопотребления алгоритм использует данные о энергопотреблении за предыдущий месяц, в том числе следующие дополнительные параметры:

- температура окружающего воздуха;
- продолжительность светового дня;
- тип данных;
- даты для прогнозирования на месяц вперёд.

Прокси-сервер Nginx, позволяет ретранслировать запрос из 80 порта на 8000 порт. Формат запроса выглядит следующим образом:
`http://hostname:port/consumption`

Из Nginx запрос передаётся в REST API, где проверяется (валидируется) на правильность структуры входных данных для REST API. Далее входные данные преобразуются во входной вектор, который подаётся в алгоритм прогнозирования.

В алгоритме программы происходит прогнозирование энергопотребления, которое на выходе представляет собой выходной вектор прогнозирования, который преобразуется в выходные данные в формате json.

Для прогнозирования энергопотребления в данном сервисе применяется нейронная сеть BiLSTM.

BiLSTM (Bidirectional Long Short-Term Memory) - это тип нейронной сети, который является расширением стандартной LSTM (Long Short-Term Memory) сети.

Выходной json имеет данные о прогнозировании энергопотребления на месяц вперёд (720 значений параметров), в зависимости от выбранной категории потребителя, который передаётся потребителю.

3.4.1.4 Расчёт количественных и финансовых показателей по потреблению электроэнергии на заданный промежуток времени

Основу для расчёта количественных и финансовых показателей по потреблению электроэнергии на заданный промежуток времени составляют:

- прогнозирования трёх подсистем с использованием искусственного интеллекта;
- данных сайтов гарантирующих поставщиков;
- администратора торговой системы;
- данных о плановых показателях организации и её сотрудниках;
- данных из интеллектуальных приборов учёта, энергетического паспорта организации;
- ведомости энергопотребления;
- информация о погоде и данные производственного календаря.

Далее производится обработка данных и расчёт количественных и финансовых показателей по потреблению электроэнергии на заданный промежуток времени, результат которого передаются в web-интерфейс для отображения на виджетах по требованию пользователя.

В виджетах может быть отображены следующие данные:

- стоимость электроэнергии (плановая, фактическая, минимально возможная);
- количество потребленной электроэнергии (плановое и фактическое), в том числе в разрезе ТУ и транзитных потребителей;
- потребляемая мощность, в том числе по сравнению с установленной (предельной, заявленной) мощностью, в том числе в разрезе ТУ и транзитных потребителей;

- затраты на электроэнергию (плановые, фактические, минимально возможные), рублей, в том числе в разрезе ТУ;
- информация о точках учёта;
- размер финансовой задолженности перед поставщиком электроэнергии;
- информация о подключённом оборудовании;
- типовой профиль потребления электроэнергии (по методу ГБН за предыдущие 10 рабочих дней до даты запроса);
- информация о ТУ электроэнергии, где было зафиксировано отклонение от нормы (количество, номер ТУ, потребляемая мощность, доля в общем потреблении мощности и энергии);
- количество отключений в заданный период (раз), в том числе плановых и аварийных;
- продолжительность отключений (час), в том числе плановых и аварийных;
- напряжение, поставляемое из внешней сети и от собственной генерации, вольт (В), в разрезе ТУ;
- потребление электроэнергии на одного человека;
- потребление электроэнергии на единицу выпускаемой продукции (выручки) в целом по организации;
- потребление электроэнергии на единицу площади;
- количество ТУ электроэнергии, в которых профиль потребления электроэнергии не соответствует типовой для данной точки учета электроэнергии;
- данные о предстоящих часах пиковой нагрузки;
- объёмы прогнозируемого почасового потребления электроэнергии;
- данные о прогнозных значениях почасовых рыночных цен на электроэнергию.

На рисунке 13 представлена блок-схема алгоритма работы подсистемы расчёта количественных и финансовых показателей по потреблению электроэнергии на заданный промежуток времени.

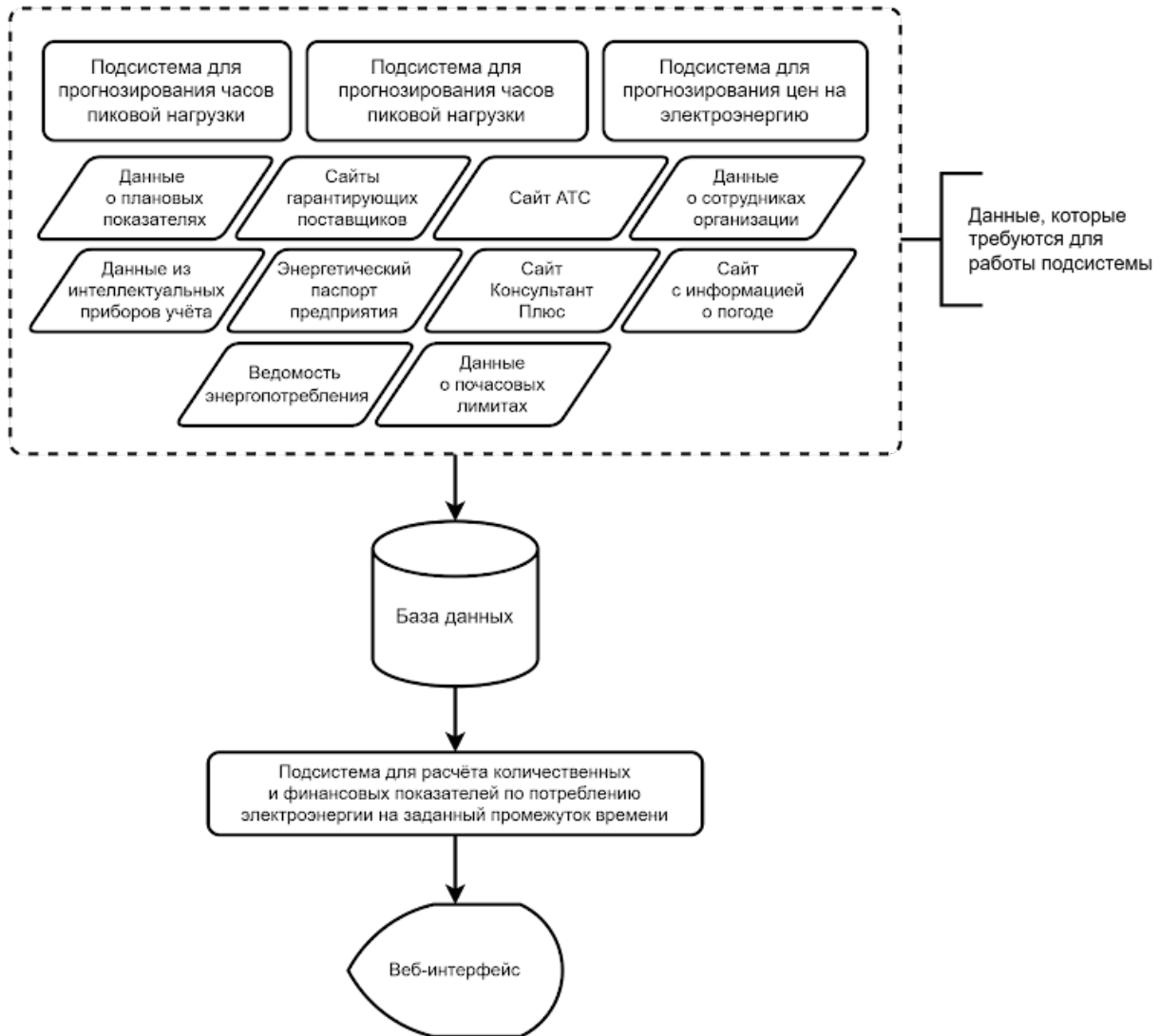


Рисунок 13. Блок-схема алгоритма работы подсистемы расчёта количественных и финансовых показателей по потреблению электроэнергии на заданный промежуток времени

3.5 Система управления правами пользователей

Система управления правами пользователей является частью основного приложения, написано на языке Java, использует базу данных PostgreSQL EMNG_CORE.

Система контроля доступа и прав пользователей ПО «ЭнергоБИТ», исходя из их функции и требуемых прав, делится на следующие группы:

1. Администратор системы:

- устанавливает права других пользователей системы;
- имеет доступ к журналам системы.

2. Руководитель организации:

- имеет максимальные права доступа в своей организации;
- имеет возможность просматривать все данные организации;
- имеет доступ ко всем отчётам;
- имеет возможность делегировать полномочия на просмотр объектов

другим сотрудникам.

3. Экономист:

- имеет возможность ввода;
- имеет доступ к данным.

4. Главный энергетик / технический директор:

– имеет возможность просмотра всех данных по всем объектам энергетики;

- имеет возможность ввода любого объекта энергетики;
- имеет возможность контроля над подчинёнными энергетиками/электриками.

5. Энергетик / электрик:

– имеет доступ к просмотру всех объектов энергетики в рамках своего участка.

– имеет возможность заносить новые объекты в рамках своего участка.

Для разграничения прав между данными видами пользователей предусмотрены следующие виды объектов прав:

- права на объекты;
- права на параметры;
- права на функции программы.

Права сгруппированы для удобства их назначения сотрудникам, при этом сами группы имеют иерархическую структуру и права родительской группы наследуются потомками.

На группы назначаются отдельные права, также индивидуальные права могут быть назначены конкретному сотруднику. Кроме того права могут быть выданы сотруднику в рамках участка / подразделения.

Блок-схема алгоритма авторизации и получения данных из подсистемы расчёта количественных и финансовых показателей представлена на рисунке 14.

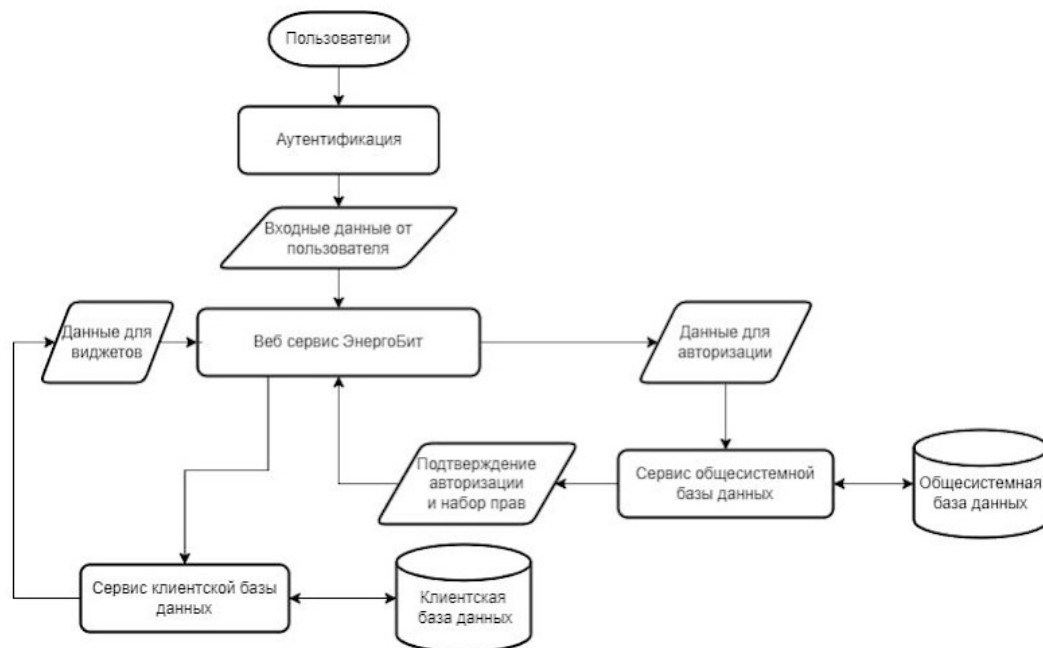


Рисунок 14. Блок-схема 4 - Алгоритм авторизации и получения данных из подсистемы расчета количественных и финансовых показателей

3.6 Web интерфейс

Web-интерфейс представляет собой web-приложение, написанное с использованием языка разметки HTML и применением CSS и JavaScript.

В web-приложении реализован доступ пользователей к функциям ПО «ЭнергоБИТ» через графический интерфейс с использованием web-браузера.

На рисунке 15 представлена схема организации пользовательского интерфейса.

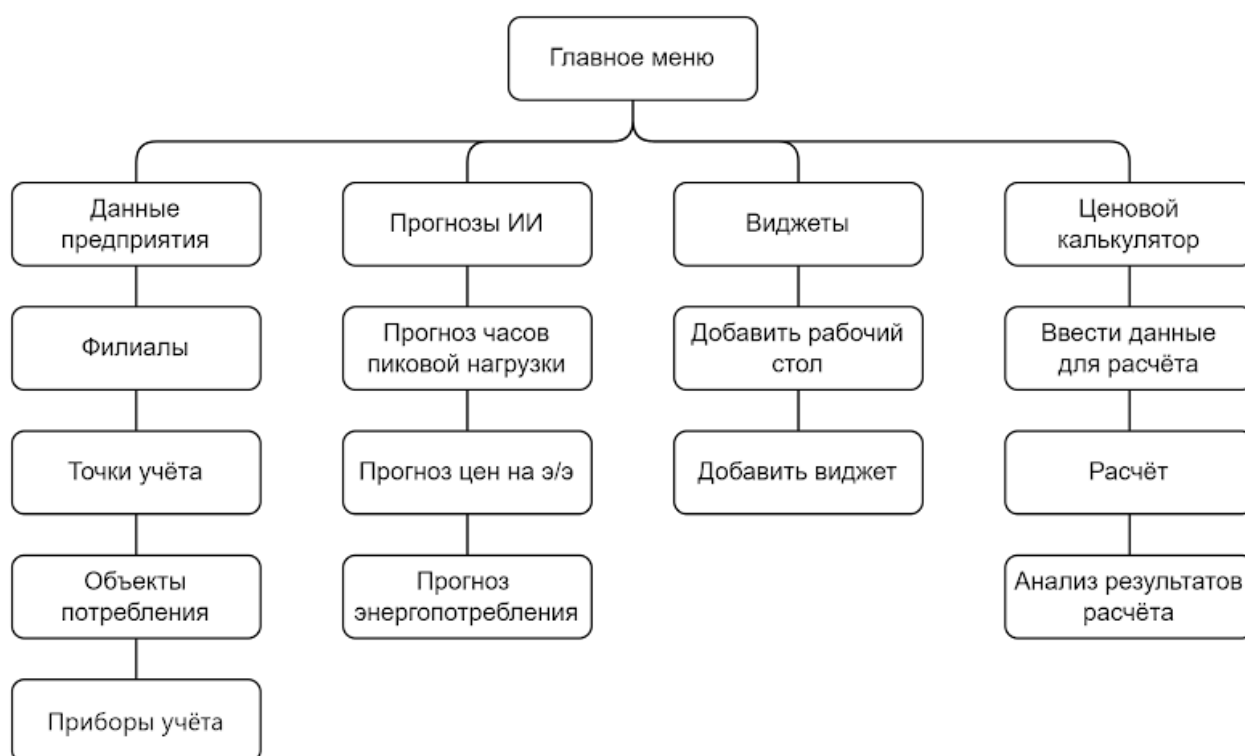


Рисунок 15. Схема организации пользовательского интерфейса.

4 ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА

Серверная часть ПО «ЭнергоБИТ» разворачивается и функционирует на серверах (в том числе облачных) ООО «БИТ», а также, по отдельной лицензии, на серверах предприятия, под управлением операционных систем Linux Ubuntu. Актуальные поддерживаемые версии Linux Ubuntu смотрите по ссылке: <https://www.oracle.com/java/technologies/javase/products-doc-jdk21certconfig.html>.

Ниже приведены минимальные и рекомендуемые параметры конфигурации серверной части. Для всех перечисленных аппаратных компонентов и их устройств должны быть установлены программные средства, систем хранения, сетевого и иного оборудования, драйверы производителя (или сертифицированные совместимые).

Минимальные требования к аппаратному обеспечению:

- процессор Intel Core i5, количество ядер процессора не менее 2, частота ядер не менее 1,8 МГц,
- объем ОЗУ не менее 6 Гб,
- объем видеопамяти не менее 2 Гб,
- объем диска HDD не менее 250 Гб,
- скорость адаптера LAN не менее 1000 Мбит/с.

Рекомендуемые требования к аппаратному обеспечению:

- процессор Intel Core i9, количество ядер процессора 10, частота ядер 3,3 МГц,
- объем ОЗУ 32 Гб, 2
- графические карты NVIDIA RTX 2070 с объёмом видеопамяти 8 Гб,
- объем диска SSD 500 Мб,
- объем диска HDD 2 Тб,
- 2 адаптера LAN со скоростью 1000 Мбит/с.

Доступ пользователей к клиентской части ПО «ЭнергоБИТ» осуществляется через web-приложение с использованием одного из нижеперечисленных браузеров актуальной версии:

- Chrome;
- Chromium;
- Firefox;
- Edge.

5 ВЫЗОВ И ЗАГРУЗКА

5.1 Способ вызова программы с соответствующего носителя данных

Вызов ПО «ЭнергоБИТ» и постоянный доступ к нему обеспечивается постоянной работой сервера ООО «БИТ» либо серверов Заказчика.

5.2 Входные точки в программу

Входной точкой является web-интерфейс доступный по адресу <https://enmgm.bit76.ru>.

Для входа требуется ввод логин и пароль зарегистрированного пользователя.

Пример отображения начальной страницы web-интерфейса после аутентификации пользователя представлен на рисунке 16.

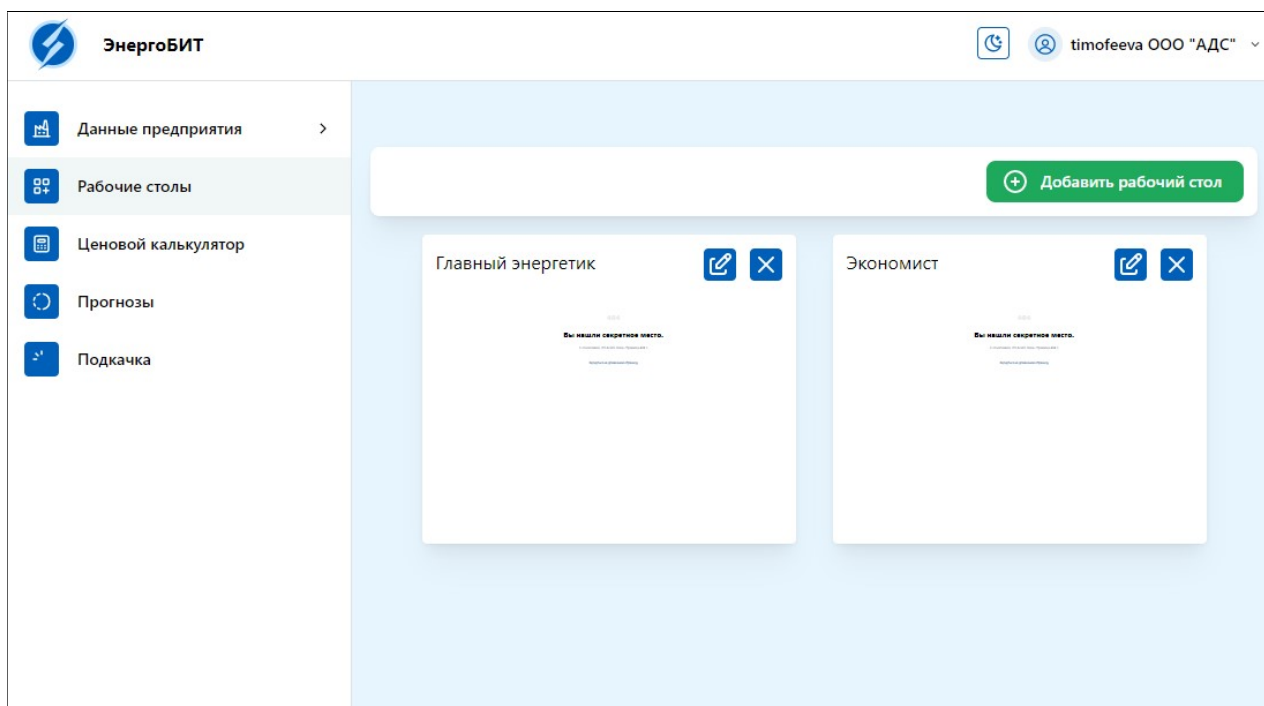


Рисунок 16. Пример начальной страницы web-интерфейса

6 ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ

6.1 Характер, организация и предварительная подготовка входных данных

Глобальные и общесистемные данные автоматически вносятся из публично доступных источников и из данных от организаций-клиента, и записываются БД EMNG_CORE.

Пользовательские данные хранятся в клиентских БД EMNG_CLIENT и вносятся организацией - клиента самостоятельно через web-интерфейс.

6.2 Формат, описание и способ кодирования входных данных

Входные данные поступают в ПО «ЭнергоБИТ» от источников через сервисы сбора данных по протоколу HTTP в текстовом формате.

Описание входных данных для каждой подсистемы ПО «ЭнергоБИТ» приведено в разделе 3 данного документа.

7 ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Выходные данные ПО «ЭнергоБИТ» отображаются в web-интерфейсе в виде виджетов и отчётов и содержат следующую основную информацию:

- рекомендации по оптимизации и управлению энергопотреблением в часы пиковой нагрузки;
- результат расчёта количественных и финансовых показателей по потреблённой электроэнергии и затратах на электроэнергию на заданный промежуток времени.

Подробнее отображаемые в web-интерфейсе ПО «ЭнергоБИТ» данные описаны в документе «Инструкция пользователя».

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ПК	- персональный компьютер
ПО	- программное обеспечение
СУБД	- система управления базами данных
ТУ	- точка учёта электроэнергии
ЭВМ	- электронная вычислительная машина

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Виджет	- небольшое графическое приложение, которое выводит информацию на рабочий стол web-приложения.
Нейронная сеть	- метод в искусственном интеллекте, который учит компьютеры обрабатывать данные.
ПО «ЭнергоБИТ»	- программа для ЭВМ с использованием искусственного интеллекта для прогнозирования часов пиковой нагрузки и оптимизации энергопотребления организаций.
Предприятие	- предприятие-заказчик ПО «ЭнергоБИТ».
Web-интерфейс	- дизайн приложения ПО «ЭнергоБИТ», доступ к которому осуществляется через web-браузера.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

[illegible]