

УДК 004.9

DOI: 10.18413/2518-1092-2026-11-1-0-7

Вендин А.С.

**АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ  
РЕШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ И УПРАВЛЕНИИ  
РЕИНЖИНИРИНГОМ MICROGRID**

Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина,  
ул. Вавилова, 1, п. Майский, г. Белгород, 308503, Россия  
*e-mail: alexvendin@gmail.com*

**Аннотация**

В статье рассматривается архитектура системы поддержки принятия проектных решений (СППР) при разработке и управлении реинжинирингом microgrid. Использование microgrid обусловлено потребностью в электроснабжении автономных объектов, удалённых от основных источников электропитания. Появление и развитие microgrid технологий в качестве распределённых систем энергоснабжения на базе автономных источников энергогенерации ставит перед проектировщиками задачу создания сбалансированных microgrid систем. Microgrid в процессе своей работы сталкиваются с потребностью в перестройке. Реконфигурация, модернизация или расширение microgrid возникает на протяжении всего жизненного цикла работы системы. Чаше реконфигурация связана с изменением или ростом нагрузки, износом оборудования, изменением экономических условий, развитием технологий, изменением требований к системе и природным условиям. Актуальность ребалансировки microgrid проблемы обусловлена потребностью в бесперебойном электроснабжении автономных объектов, удалённых от основных источников электропитания. Рассматриваются методы разработки архитектуры СППР. Для решения задачи создания и выбора проектов microgrid систем предлагается использовать классическую, 4-компонентную систему поддержки принятия проектных решений, состоящей из информационной, алгоритмической, интерфейсной и интеллектуальной подсистем. Дано описание каждой из подсистем, исходя из их назначения. Предлагаются доработки алгоритмического модуля – модуля поддержки принятия решений. Доработки представляют из себя набор алгоритмов, которые обеспечивают поддержку принятия решений в задачах ребалансировки microgrid.

**Ключевые слова:** системы поддержки принятия проектных решений; microgrid; архитектура; автономная энергетика

**Для цитирования:** Вендин А.С. Архитектура системы поддержки принятия решений при разработке и управлении реинжинирингом microgrid // Научный результат. Информационные технологии. – Т.11, №1, 2026. – С. 71-92. DOI: 10.18413/2518-1092-2026-11-1-0-7

Vendin A.S.

**ARCHITECTURE OF A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR  
MICROGRID DEVELOPMENT**

Belgorod State Agricultural University named after V.Y. Gorin (Belgorod SAU)  
1 Vavilova St, Maiskii, Belgorod, 308503, Russia  
*e-mail: alexvendin@gmail.com*

**Abstract**

This article examines the architecture of a design decision support system (DSS) for microgrid development. Microgrid use stems from the need to power autonomous facilities located remote from primary power sources. The emergence and development of microgrid technologies as distributed energy supply systems based on autonomous power generation sources poses the challenge of creating balanced microgrid systems. Microgrids face the need for restructuring throughout their life cycle. Reconfiguration, modernization, or expansion of microgrid systems occurs throughout the system's life cycle. Reconfiguration is most often associated with changes or increases in load, equipment depreciation, changing economic conditions, technological advances,

and changing system and environmental requirements. The relevance of microgrid rebalancing is driven by the need for an uninterrupted power supply to autonomous facilities located remote from primary power sources. Methods for developing DSS architectures are discussed. To address the problem of creating and selecting microgrid system designs, we propose using a classic, four-component design decision support system consisting of information, algorithmic, interface, and intelligent subsystems. Each subsystem is described based on its purpose. Improvements to the algorithmic module—the decision support module—are proposed. These improvements represent a set of algorithms that provide decision support for microgrid rebalancing tasks.

**Keywords:** design decision support systems; microgrids; architecture; autonomous energy

**For citation:** Vendin A.S. Architecture of a Decision Support System for Microgrid Development // Research result. Information technologies. – Т.11, №1, 2026. – P. 71-92. DOI: 10.18413/2518-1092-2026-11-1-0-7

## **ВВЕДЕНИЕ**

На данный момент современные сети электроснабжения сталкиваются с рядом проблем [1, 2]. Эти проблемы носят регуляторный, экономический, технический и экологический характер. К тому же современная система электроснабжения должна быть надежной, масштабируемой, управляемой, экономичной, безопасной и совместимой. В связи с решением проблем электроснабжения возникла электроэнергетическая система нового поколения – интеллектуальная сеть. Интеллектуальная сеть представляет собой комбинацию традиционной распределительной сети и сети с двусторонней передачей электроэнергии, связи для зондирования, мониторинга и обмена информацией о потреблении энергии.

Последние технологические достижения в области управления распределенными энергетическими ресурсами помогли создать новую сетевую парадигму – интеллектуальную сеть распределения – MicroGrid. MicroGrid – это распределительная электрическая сеть, которая включает в себя группу потребителей, распределенные генераторы (солнечные батареи, ветряные турбины), системы передачи и накопления энергии. Microgrid может динамически реагировать на изменения в электроснабжении, саморегулируя потребление и генерацию.

Понятие MicroGrid можно определить как группу взаимосвязанных потребителей и распределенных генерирующих установок в ясно определенных электрических границах, которая действует как автономная управляемая система относительно традиционной сети и может соединяться или отключаться от сети, в зависимости от достаточности или избытка вырабатываемой мощности.

В настоящее время существуют объекты, удаленные на значительное расстояние от основных электросетей. На данного типа объектах необходимо обеспечить электрогенерацию. Чаще всего в данном случае используют автономную электрогенерацию. Microgrid подходит в качестве системы автономной электрогенерации.

Система поддержки принятия решений – компьютерная автоматизированная система, которая помогает принять решение в сложных условиях для полного и объективного анализа предметной деятельности [3]. СППР возникли в результате синтеза информационных систем управления и систем управления базами данных. СППР используется для принятия многокритериальных решений. Сложность данных задач заключается в анализе большого числа данных, где помимо основного решение формируется множество решений, которые также могут быть дополнительно упорядочены. Характеристики различных архитектур СППР для решаемой задачи приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики различных архитектур СППР

Table 1

Characteristics of different DSS architectures

Тип архитектуры СППР	Ключевые характеристики	Область применения
СППР на основе OLAP - систем	OLAP (оперативная аналитическая обработка данных)	Оперативный анализ данных, прежде всего в производственной сфере
Интегрированная СППР для управления проектами	Интеграция методов проектного управления, теории принятия решений, системного анализа и технологий интеллектуальной обработки данных	Комплексное управление всем жизненным циклом проекта в условиях неопределённости
СППР с блоком исторических данных	Блок исторических данных и методы многокритериальной оптимизации	Решение задач многокритериальной оптимизации (например, формирование проектных команд) на основе анализа прошлого опыта

В СППР используются различные методы для анализа и выработок предложений: информационный поиск; интеллектуальный анализ данных; поиск знаний в базах данных; рассуждение на основе прецедентов; имитационное моделирование; эволюционные вычисления и генетические алгоритмы; нейронные сети; ситуационный анализ; когнитивное моделирование и др.

Существует ряд работ, в которых архитектура СППР строится на основе внедрения и активного использования OLAP систем для оперативного анализа данных на производстве [5], что получило широкое распространение и в настоящее время. Другие исследования по архитектуре систем принятия проектных решения сходятся к тому, что СППР представляется как интегрированная система поддержки принятия решений, в котором происходит управление всем жизненным циклом проекта в условиях неопределённости [6]. Такие систем включают в себя методы проектного управления, теорию принятия решений, системный анализ и технологии интеллектуальной обработки данных.

Некоторые задачи СППР, связанные с формированием проектных команд, являются задачами многокритериальной оптимизации. Для получения решения в архитектуре выделяется блок исторических данных. Данный блок активно используется при формировании проектных решений [7].

Microgrid система, используемая в качестве основы автономного электроснабжения объекта, должна обеспечивать электрогенерацию, теплогенерацию, передачу и хранение энергии, управление нагрузкой. Для создания проекта microgrid системы, которая бы учитывала множество параметров, типов генерации, потребление и т. д. целесообразно использовать систему поддержки принятия решений (СППР).

Существует ряд систем автономного энергоснабжения, которые не ориентированы на работу с microgrid. Также существуют СППР, в которых отсутствует поддержка microgrid. Возникает потребность в создании СППР, нацеленной на работу с microgrid. Целью работы является совершенствование поддержки принятия решений при разработке microgrid за счет использования специального инструментария.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Современные СППР представляют из себя сложный программный комплекс, где каждый модуль отвечает за определенную область: анализ данных, моделирование, прогнозирование, принятие управленческих решений.

По взаимодействию с пользователем выделяют 3 вида СППР: пассивные, активные и кооперативные. По способу поддержки различают: модельно-ориентированные (доступ к статистическим, финансовым и др. моделям), многопользовательские, СППР с поддержкой данных, документо-ориентированные, СППР с поддержкой знаний. По сфере использования выделяют общесистемные и настольные. Классификация СППР по данным признакам представлена в таблицах 2–4.

Таблица 2

Классификация СППР по взаимодействию с пользователем

Table 2

### Classification of DSS by user interaction

Тип СППР	Свойство
Пассивные	Предоставление информации и инструментов анализа. Отсутствие формирования готовых решений. Самостоятельная интерпретация данных пользователем
Активные	Генерация и формирование конкретных вариантов решений на основе встроенных моделей и правил
Кооперативные	Организация совместной итеративной работы. Система предлагает варианты, пользователи корректирует данные

Таблица 3

Классификация СППР по способу поддержки

Table 3

### Classification of DSS by support method

Тип СППР	Свойство
Модельно-ориентированные	Основной акцент — доступ к библиотеке аналитических моделей (финансовых, статистических, оптимизационных)
СППР с поддержкой данных	Специализация на интеграции и анализе больших объемов структурированных данных из различных источников
Документо-ориентированные	Фокус на работе с неструктурированными документами (контракты, отчеты) с использованием текстового анализа
СППР с поддержкой знаний	Использование баз знаний и правил логического вывода (элементы ИИ) для генерации рекомендаций и объяснений
Многопользовательские (ГСППР)	Инструменты для поддержки групповых решений: коммуникация, мозговой штурм, голосование, документирование процесса

Таблица 4

Классификация СППР по сфере использования

Table 4

Classification of DSS by area of application

Тип СППР	Свойство
Общесистемные (корпоративные)	Масштабные интегрированные системы уровня организации, обслуживающие множество отделов и сложных процессов.
Настольные (персональные)	Локальные системы для индивидуального использования, решающие специализированные задачи на рабочем месте аналитика/менеджера.

В структуре СППР выделяют 4 основных компонента: информационное хранилище данных, средства и методы извлечения, обработки и загрузки данных (ETL), многомерная база данных и средства анализа (OLAP), средства обработки данных. Существует также другой подход к архитектуре СППР, в которой выделяют: систему управления базами данных, систему управления моделью данных (математические и аналитические модели, моделирование), систему управления знаниями (интеллектуальная обработка данных, накопление экспертных знаний, формирование новых знаний на основе существующих данных), пользовательский интерфейс [4]. Данного вида классификация представлена в таблицах 5–6.

Таблица 5

Архитектура СППР с опорой на аналитику и обработку данных

Table 5

DSS architecture based on analytics and data processing

Компонент	Свойство
Информационное хранилище данных (DWH)	Единое централизованное хранилище очищенных, согласованных исторических данных для анализа
Средства ETL	Инструменты для извлечения, преобразования и загрузки данных из источников в хранилище (обеспечивают качество данных)
Многомерная БД и средства OLAP	Хранение данных в виде "кубов" и инструменты для оперативного многомерного анализа (срезы, детализация, агрегация)
Средства обработки данных	Модули для углубленного анализа (Data Mining) с целью выявления скрытых закономерностей и построения прогнозов

Таблица 6

Обобщенная архитектура СППР (классический подход)

Table 6

Generalized architecture of DSS (classical approach)

Компонент	Свойство
Система управления базами данных (СУБД)	Обеспечивает хранение, структурирование и управление данными — фундамент для работы с информацией
Система управления моделями (MBMS)	Управление библиотекой аналитических моделей: создание, хранение, комбинирование и выполнение моделей
Система управления знаниями (KBS)	Интеллектуальный компонент с базой знаний и механизмом вывода для накопления опыта, умозаключений и генерации новых знаний

Диалоговый пользовательский интерфейс	Инструмент взаимодействия для ввода параметров, выбора моделей, визуализации результатов и получения рекомендаций
---------------------------------------	---

К основным архитектурам (таблица 7) СППР можно отнести следующие:

- трехуровневая архитектура;
- SOA и микросервисная архитектура;
- архитектура на основе знаний;
- архитектура, управляемая событиями;
- гибридная архитектура.

Таблица 7

Основные архитектуры современных СППР

Table 7

Basic architectures of modern DSS

Архитектура СППР	Свойство
Трехуровневая архитектура	Разделение на UI, бизнес-логику и данные для упрощения разработки и масштабирования
SOA и микросервисная архитектура	Система как набор независимых сервисов, взаимодействующих через API
Архитектура на основе знаний	Центральная роль базы знаний и механизма логического вывода
Архитектура, управляемая событиями	Реакция системы на события в реальном времени через асинхронную коммуникацию
Гибридная архитектура	Комбинация нескольких архитектурных подходов для решения комплексных задач

В настоящее время при разработке архитектуры СППР используется многоуровневая структура, объединяющая определенный набор компонентов. Компоненты системы объединяются на основе трехуровневой модели [11]. Уровни данной модели представлены уровнем представления, уровнем бизнес-логики и уровнем данных (рис. 1).

Уровень представления отвечает за взаимодействие с пользователем, визуализацию информации. Чаще всего данный уровень содержит пользовательский интерфейс, средства визуализации данных, генераторы отчетов и средства администрирования системы. Пользовательский интерфейс реализуется через веб интерфейс, десктопное приложение, мобильное приложение, чат-бот. Средства визуализации представлены различными дашбордами, диаграммами, графиками, картами, инфографикой.

Уровень бизнес-логики содержит алгоритмы обработки информации, методы принятия решений, методы анализа данных. Данный уровень отвечает за прогнозирование, моделирование системы. В уровне бизнес-логики выделяется ряд компонентов, которые отвечают за работу системы. Это наборы математических, статистических, оптимизационных, имитационных моделей и библиотек. Для обработки данных, в том числе для многомерного анализа данных используются OLAP системы. Выделяются отдельные компоненты, которые отвечают за работу и особенности предметной области.

Уровень данных отвечает за сбор, хранение, интеграцию и управление данными. Данный уровень состоит из базы данных, хранилищ данных, внешних источников данных (нормативные документы). Среди базы данных используются транзакционные (OLTP) [12] базы данных. Хранилища данных организованы с помощью профессиональных Data Warehouse [13] систем. Для синхронизации данных между хранилищами используются ETL-инструменты [14].

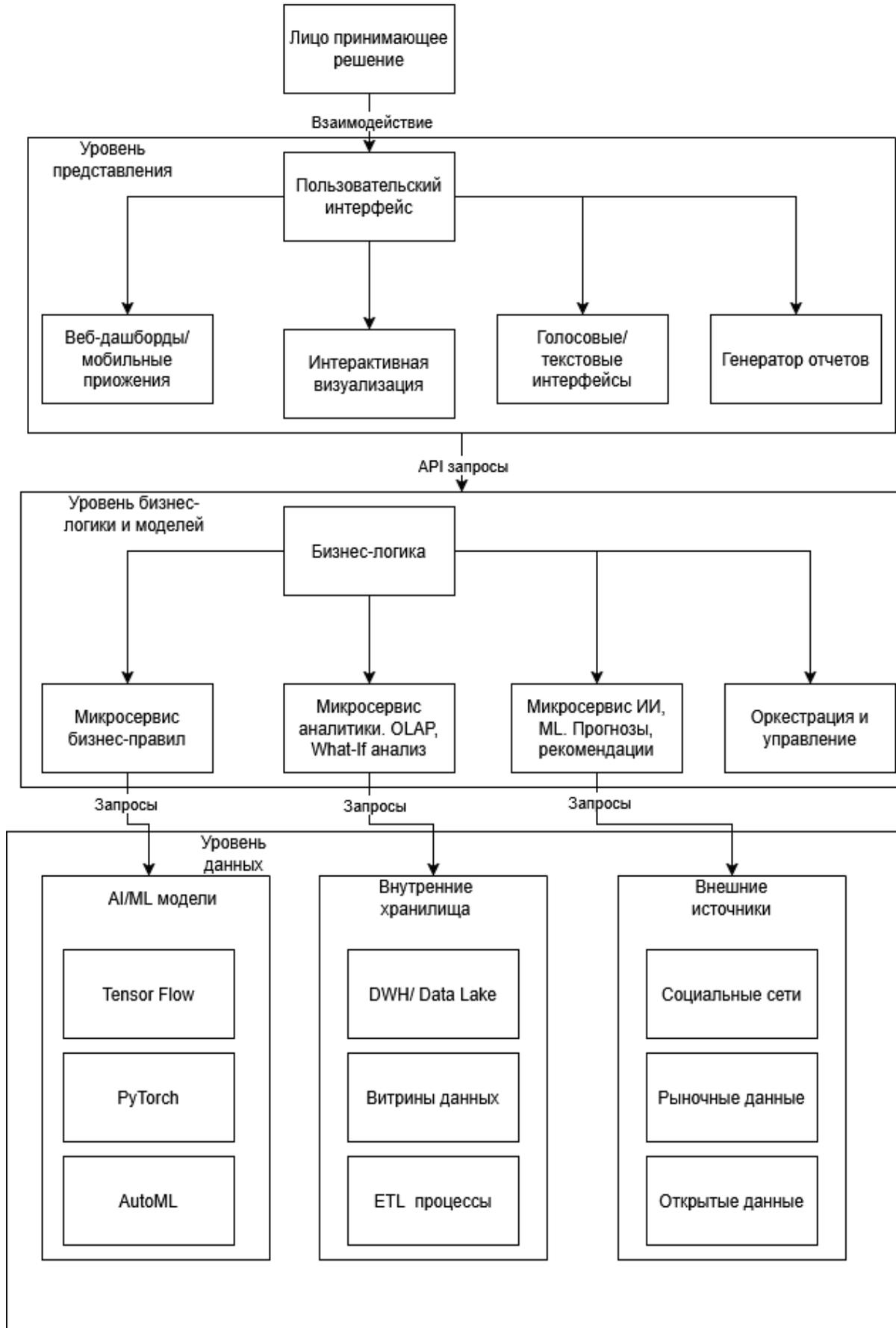


Рис. 1. Трехуровневая архитектура СППР  
Fig.1. Three-level architecture of the DSS

SOA (Service-Oriented Architecture) и микросервисная архитектура [17] так же могут быть использована в качестве архитектуры СППР. В данном случае СППР разделяется на независимые сервисы, взаимодействие между сервисами осуществляется через API с помощью протоколов REST или gRPC. В качестве сервисов могут быть реализованы сервис доступа к данным, сервис прогнозной аналитики, сервис оптимизации, сервис отчетности. Использование SOA обеспечивает высокую масштабируемость, независимое развертывание, возможность использовать разные технологии для разных сервисов, но значительно усложняется управление системой.

При использовании архитектуры на основе знаний (Knowledge-Based Architecture) центральным элементом СППР является база знаний (Knowledge Base) и механизм логического вывода (Inference Engine). Данная архитектура используется для экспертных систем и СППР, основанных на правилах. Основными компонентами системы являются база правил (правила "ЕСЛИ-ТО"), база фактов, механизм вывода (прямой/обратной цепочки рассуждений), интерфейс объяснений.

В архитектуре, управляемой событиями (Event-Driven Architecture - EDA), компоненты СППР реагируют на события в реальном времени (например, поступление новой транзакции, изменение рыночных данных). Это применяется для построения СППР реально времени, а также для реализации компонентов СППР, отвечающих за мониторинг, информирование и оперативное реагирование.

Гибридная архитектура является комбинацией существующих архитектур. Это может быть сочетание из микросервисной архитектуры для аналитических модулей, использование общего хранилища данных, создание веб-интерфейса как отдельного приложения. Дополнительно используется контейнеризацией приложений с помощью Docker и Kubernetes.

По видам архитектуры (таблица 8) СППР разделяются:

- по типу организации данных и управления;
- по принципу обработки и представления знаний (функциональная классификация);
- по способу организации вычислительных ресурсов;
- по сфере применения и масштабу.

Таблица 8

Классификация архитектур СППР по видам

Table 8

Classification of DSS architecture by type

Вид архитектуры	Описание
По типу организации данных и управления	Централизованное, распределённое или гибридное управление данными и процессами
По принципу обработки и представления знаний	Акцент на моделях, базах знаний или технологиях анализа данных
По способу организации вычислительных ресурсов	Локальное, клиент-серверное или облачное распределение ресурсов
По сфере применения и масштабу	Персональное, групповое, корпоративное или отраслевое применение системы

По типу организации данных и управления (таблица 9) могут быть применены клиент-серверная архитектура (2-уровневая), трехуровневая (многоуровневая) архитектура, интранет/интернет-ориентированная (web-based) архитектура.

Таблица 9

Классификация СППР по типу организации данных и управления

Table 9

Classification of DSS by type of data organization and management

Тип архитектуры	Описание
Клиент-серверная (2-уровневая)	Разделение на клиентский интерфейс и сервер обработки данных
Трехуровневая (многоуровневая)	Добавление промежуточного уровня бизнес-логики между клиентом и данными
Инtranет/интернет-ориентированная (web-based)	Архитектура на основе веб-технологий с доступом через браузер

По принципу обработки и представления знаний (функциональная классификация, таблица 10) СППР подразделяются на управляемые данными (Data-Driven DSS), управляемые моделями (Model-Driven DSS), управляемые знаниями (Knowledge-Driven DSS), управляемые документами (Document-Driven DSS), ориентированные на коммуникации (Communications-Driven DSS).

Таблица 10

Классификация СППР по принципу обработки и представлению знаний

Table 10

Classification of DSS by the principle of knowledge processing and representation

Тип СППР	Описание
Управляемые данными (Data-Driven DSS)	Основной акцент на анализе больших массивов структурированных данных, использовании хранилищ данных и OLAP
Управляемые моделями (Model-Driven DSS)	Центральная роль математических, статистических или имитационных моделей для анализа сценариев и прогнозирования
Управляемые знаниями (Knowledge-Driven DSS)	Использование баз знаний, правил экспертных систем и механизмов логического вывода для генерации рекомендаций
Управляемые документами (Document-Driven DSS)	Фокус на обработке неструктурированной информации: текстовых документов, отчетов, нормативных актов
Ориентированные на коммуникации (Communications-Driven DSS)	Поддержка совместной работы и коммуникации между участниками процесса принятия групповых решений

СППР, управляемые данными (Data-Driven DSS), акцентируются на анализе больших объемов исторических и оперативных данных. Основными элементами выступают: хранилище данных (Data Warehouse), витрины данных (Data Marts), озеро данных (Data Lake). Использует технологии OLAP, Data Mining.

СППР, управляемые моделями (Model-Driven DSS), акцентируется на использовании математических, оптимизационных, имитационных или статистических моделей. Центральный элемент — репозиторий моделей и модуль, отвечающий за запуск и работу моделей. Часто используются сложные интерфейсы для настройки параметров моделей.

СППР, управляемые знаниями (Knowledge-Driven DSS) или экспертные системы, используют формализованные знания экспертов в виде правил, онтологий, case-based рассуждений. Центральными компонентами являются: база знаний и механизмы логического вывода (inference engine). Обязательно наличие модуля объяснений решений.

СППР, управляемые документами (Document-Driven DSS), нацелена на поиск, анализ и структурирование неформатированной информации. В основе используются системы управления документами, текстовый поиск, методы обработки естественного языка (NLP), таксономии.

СППР, ориентированные на коммуникации (Communications-Driven DSS), поддерживают совместную работу группы лиц над принятием решения. Архитектура включает инструменты групповой работы: видеоконференции, чаты, форумы, совместные доски, системы голосования.

По способу организации вычислительных ресурсов (таблица 11) СППР разделяются на:

- монолитные;
- сервис-ориентированные;
- микросервисные;
- облачные;
- гибридные облака.

Таблица 11

Классификация СППР по способу организации вычислительных ресурсов

Table 11

Classification of DSS by the method of organizing computing resources

Тип архитектуры	Описание
Монолитные	Единое приложение со всеми компонентами, работающее в общей среде
Сервис-ориентированные (SOA)	Система как набор слабосвязанных сервисов с едиными стандартами взаимодействия
Микросервисные	Независимые специализированные сервисы, развёртываемые и масштабируемые отдельно
Облачные	Полное использование облачной инфраструктуры как сервиса (IaaS/PaaS/SaaS)
Гибридные облака	Комбинация частного и публичного облаков для баланса контроля, безопасности и масштабируемости

В монолитной архитектуре все компоненты (UI, логика, доступ к данным) тесно связаны в единое приложение. Сложно изменять и масштабировать, для сложных СППР не рекомендуется.

Сервис-ориентированная архитектура (SOA) состоит из набора слабосвязанных, переиспользуемых сервисов с общими стандартами интерфейсов (SOAP/ESB). Более гибкая, чем монолит.

Микросервисная архитектура представлена сервисами, где каждый сервис (микросервис) автономен, управляет своей БД и разворачивается независимо. Коммуникация осуществляется через легковесные протоколы REST и gRPC. Современный подход для масштабируемых, сложных СППР.

Облачная (Cloud-Native) архитектура. В данном случае СППР разрабатывается с использованием облачных сервисов: PaaS, SaaS, FaaS. Характерны масштабируемость, отказоустойчивость, может сочетаться с микросервисами.

Гибридное облако. При использовании данного подхода в архитектуре часть компонентов располагается в защищенном облаке (важные данные), часть — в публичном (вычислительно-емкие модели).

По сфере применения и масштабу (таблица 12) СППР разделяются на:

- персональные;
- групповые;
- корпоративные.

Таблица 12

Классификация СППР по сфере применения и масштабу

Table 12

Classification of DSS by scope and scale

Тип СППР	Описание
Персональные	Индивидуальное использование одним специалистом для решения локальных задач
Групповые	Поддержка совместной работы команды над общими задачами и проектами
Корпоративные	Интегрированное решение для управления процессами всей организации

В персональных СППР архитектура ориентируется на одного пользователя. Часто СППР представляет собой desktop-приложение или веб-панель. Групповые СППР (Group DSS - GDSS) акцентируются на инструментах коммуникации и совместной работы. Корпоративные СППР (Enterprise DSS) — это масштабные, интегрированные системы, часто являющаяся частью хранилища корпоративных данных (EDW) и платформ бизнес-аналитики (BI Platform). Архитектура сложная, многоуровневая, с высокой степенью интеграции.

Чаще всего Microgrid рассматривается как локальная изолированная сеть [15, 16]. Не существует четкой границы мощности для microgrid. Существует ряд работ, в которых группы разработчиков определяют границу мощности систем в районе 20 МВт. Введение данной границы обеспечивает фокусировку разработчиков на решении определенного набора задач. В некоторых работах можно встретить термин nanogrid. Данный термин определяет сети с малыми мощностями – до 50 кВт.

Набор генерирующих источников и набор потребителей определяет microgrid (рис. 2). В качестве генерирующих объектов выступают комбинации традиционных источников, работающих на дизеле (дизель-генераторы) или газе (газопоршневые двигатели), малые гидростанции и ВИЭ (в основном ветроустановки и солнечные станции). Допускаются различные комбинации определенных ранее источников генерации. В тех случаях, когда основной причиной для использования ВИЭ является только экономический эффект (субсидии, гарантированный тариф и т.д.) или снижение расхода основного топлива, то тип источника генерации особого значения не имеет.

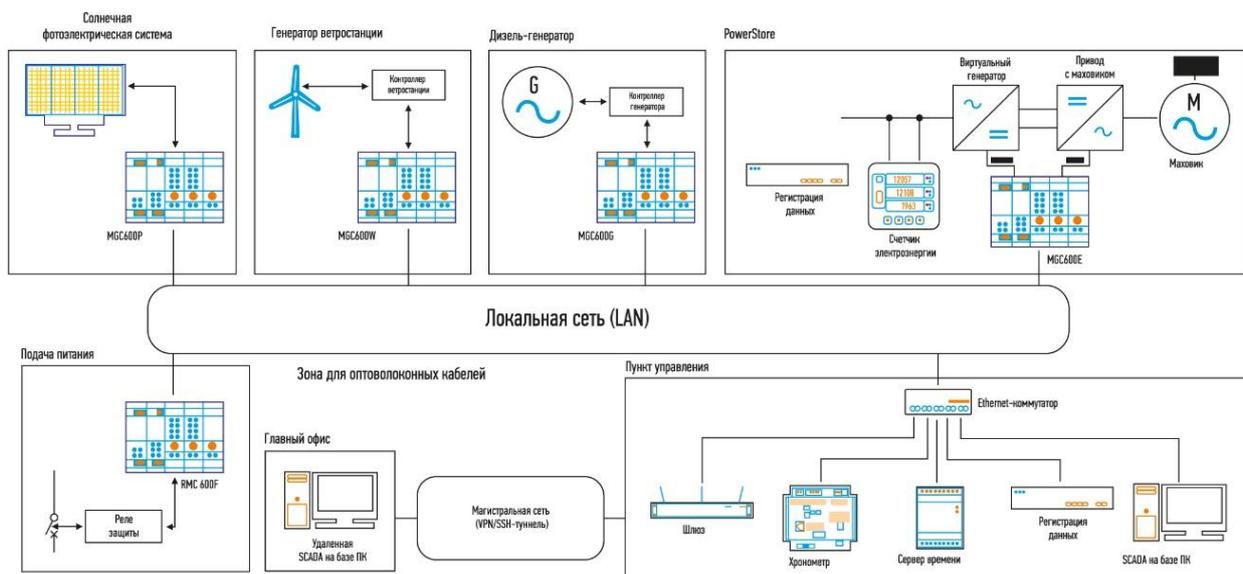


Рис. 2. Архитектура microgrid  
Fig. 2. Microgrid Architecture

Малые мощности, колебания нагрузок, ограничение на стороне генерации электроэнергии усложняют решение задачи по созданию и установлению сбалансированной сети. В тех случаях, когда электрогенерация строится только за счет традиционных источников энергии с реализацией полного резервирования, для контроля сети и управления требуется обеспечить мониторинг источников энергии, точную настройку регуляторов и группировку основных компонентов. При изменении нагрузок в сети, скорости регулирования выработки электричества достаточно для качественной поставки электроэнергии в сеть. Возможны кратковременные сбои в сети только в тех случаях, когда происходят пуски источников генерации или неожиданно отключаются «большие» потребители.

В тех случаях, когда происходит подключение ВИЭ в сеть microgrid, появляются нестабильности в потреблении электроэнергии. Дополнительно возникает риск на стороне электрогенерации. Нестабильность в потреблении и риски генерации повышает требования к быстродействию microgrid в целом. Применение эффективных инструментов стабилизации позволяет решить проблемы, связанные с подключением ВИЭ в сеть.

Использование эффективных инструментов стабилизации позволяет повысить КПД микросети, мгновенно реагировать на любые изменения в сети. Это позволяет избежать потерь, которые в свою очередь приводят к убыткам микросети. Лучше всего использовать надёжные и быстрые контроллеры в качестве основных компонентов для управления микросетью. В качестве компонентов для сбора данных необходимо использовать цифровые и аналоговые модули ввода/вывода. В качестве элемента стабилизации сети используются 2 основных компонента: накопитель и стабилизатор сети. Накопитель работает с применением аккумуляторных батарей. Стабилизатор сети функционирует на механическом принципе вращающегося маховика с генераторным или моторным режимом работы. Сохранение баланса сети в случае длительных изменений является основной задачей накопителя. Накопитель запасает энергию при избытке электрической энергии или выдаёт запасённую электроэнергию в сеть при ее дефиците. Функция стабилизатора сети - обеспечить стабильность сети. Для этого стабилизатор сети реализует возможность кратковременно поглощать избыток или покрывать дефицит в сети. Время реакции такой системы составляет менее чем 150 мс, а перегрузочная способность – до 10 номинальных мощностей.

Основные компоненты для построения MicroGrid с точки зрения источников генерации:

- газовые или дизельные генераторы;
- ветростанции;
- солнечные станции;
- гидростанции;
- геотермальные электростанции.

Основные варианты взаимодействия microgrid с внешней электросетью:

- выводы в распределительную сеть;
- подключение к магистральной сети или локальной сети (опционально).

Типы накопителей в microgrid:

- механические накопители и стабилизаторы (кратковременные),
- аккумуляторные батареи (долгосрочные).

Типы потребителей:

- промышленные (предприятия, заводы и т. д.);
- коммерческие (освещение, отопление, охлаждение офисов, магазинов и т.д.);
- частные (освещение, отопление, охлаждение, мелкие приемники и аппараты и т.д.).

## ***РЕЗУЛЬТАТЫ***

Система поддержки принятия проектных решений автономной электрогенерации может быть построена на 4-х компонентной архитектуре. В текущей архитектуре выделяется информационная,

алгоритмическая, интерфейсная и интеллектуальная компонента. Каждый компонент архитектуры рассматривается как отдельная подсистема СППР.

Рассмотрим подробнее каждую из подсистем СППР. Начнём с информационной подсистемы. Информационная подсистема СППР (рис. 3) полностью отвечает за информационное обеспечение системы [8, 9]. Основа данной подсистемы – базы данных. В рамках данной подсистемы создается несколько баз данных, которые отвечают за свою часть предметной области. В microgrid системах большую часть занимают данные об источниках генерации, их мощности, физические параметры источников генерации, технические характеристики объектов системы. Также информационная подсистема СППР содержит информацию о средствах хранения электроэнергии, средствах передачи электроэнергии, включая все имеющиеся технические характеристики данных объектов. Дополнительно в microgrid системах выделяются интеллектуальные блоки анализа работы энергосистемы. Накопленная информация о работе электросистемы фиксируется в соответствующих базах данных.

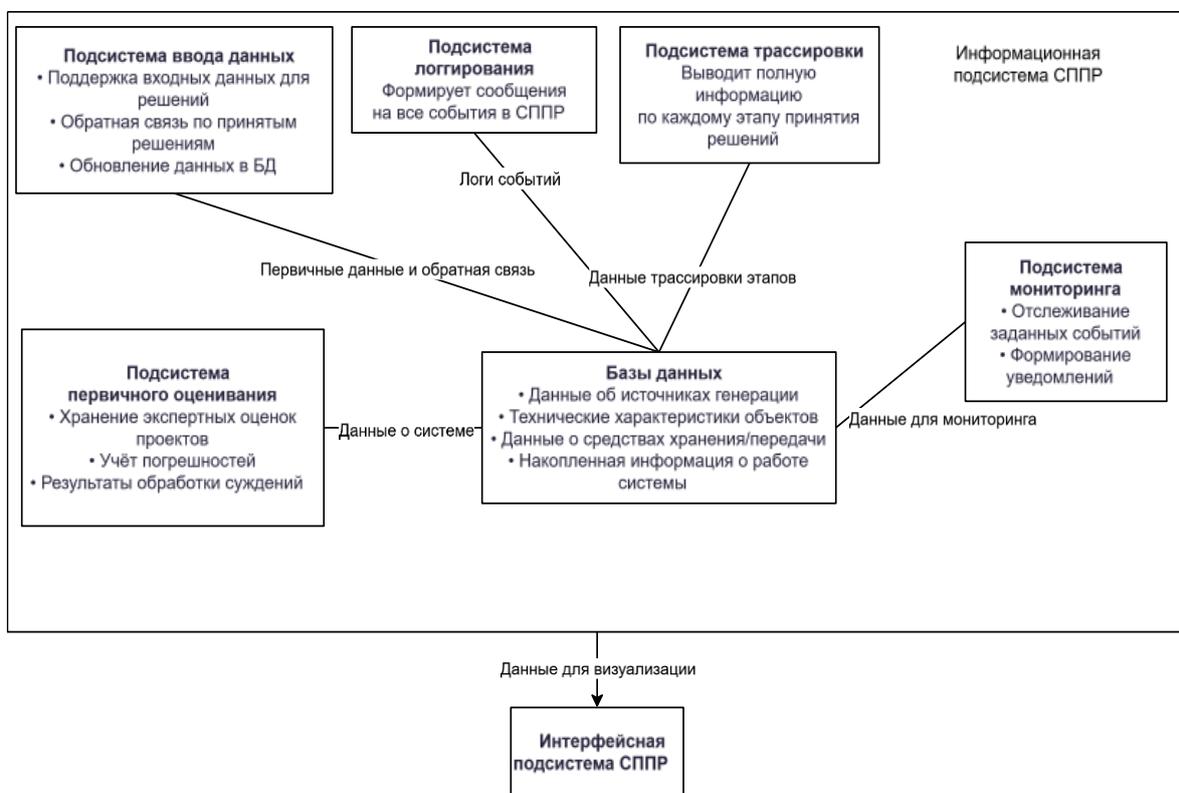


Рис. 3. Информационная подсистема СППР  
Fig 3. Information subsystem of the decision support system

Информационная подсистема СППР служит источником данных для остальных подсистем. Исходя из того, что процесс принятия решений многоэтапный, то для ЛПР и экспертов важно не только полученное решение, но также важна вся информация, получаемая на каждом из этапов формирования решения. В связи с этим из информационной подсистемы выделяются ряд подсистем:

- подсистема логгирования;
- подсистема трассировки решений;
- подсистема мониторинга.

Подсистемы логгирования, трассировки и мониторинга являются источником данных для остальных подсистем СППР.

Подсистема логирования информационной подсистемы СППР необходима для отслеживания всех действий в СППР. В результате работы подсистема логирования формирует информационные сообщения на все события, возникающие в СППР.

Подсистема трассировки информационной подсистем СППР необходима для вывода полной информации по каждому из этапов принятия решений, начиная с этапа подготовки и ввода первичных данных и заканчивая полученным результатов. Трассировка необходима для анализа алгоритмов принятия решения, анализа полученного решения в рамках СППР.

Подсистема мониторинга информационной подсистемы СППР необходима для отслеживания и наблюдения за определенными событиями, возникающими внутри СППР. Параметры наблюдения, отслеживания и уведомления настраиваются пользователями системы. Дополнительно пользователи могут получать различные уведомления о работе системы. Данные для мониторинга формируются и хранятся в информационной подсистеме.

Внутри информационной подсистемы СППР дополнительно выделяется подсистема ввода данных. Подсистема ввода данных отвечает за поддержку входных данных СППР, которые необходимы для выбора проектных решений. Эти данные связаны непосредственно с microgrid в целом и в частности, с компонентами microgrid системы. Подсистема ввода данных охватывает максимальное число входных данных. Это такие данные, как источники генерации, типы генерации, требуемая нагрузка, передача электроэнергии, датчики и микроконтроллеры, узлы обработки данных датчиков, узлы обработки систем слежения, система управления microgrid.

Так же подсистема ввода данных информационной подсистемы СППР отвечает за обратную связь при принятии проектных решений. Информация, полученная в результате принятия решений, фиксируется и может быть использована в дальнейшем при формировании и выборе других проектных решений. Обновление данных в базах данных, отвечающих за хранение информации о microgrid системах и её элементах также в зоне ответственности информационной подсистемы.

Стоит отметить, что информационная подсистема СППР формирует и хранит данные, которые необходимы интерфейсной подсистеме СППР. Интерфейсная подсистема в свою очередь отвечает за визуализацию данных СППР и визуализацию результатов работы СППР.

Подсистема первичного оценивания информационной подсистемы СППР отвечает за хранение первичных оценок проектов и критериев microgrid систем экспертами. Также подсистема первичного оценивания хранит результаты первичной обработки экспертных суждений. При оценке параметров microgrid систем существует погрешности. Так же существуют погрешности, которые связаны с физическими и техническими характеристиками microgrid системы и её элементов. Подсистема первичного оценивания учитывает погрешности при обработке первичных данных. В таблице 13 представлены компоненты информационной системы СППР и их основные характеристики.

Таблица 13

Подсистемы информационной СППР

Table 13

Subsystems of information support system

Подсистема	Основные характеристики
Базы данных	Полное информационное обеспечение СППР. Создание, хранение и управление базами данных по всем аспектам предметной области (microgrid)
Подсистема логирования	Отслеживание всех действий в СППР и формирование информационных сообщений о событиях
Подсистема трассировки решений	Фиксация и вывод полной информации по каждому этапу принятия решений для последующего анализа алгоритмов и результатов

Подсистема мониторинга	Отслеживание и наблюдение за определенными событиями внутри СППР с настраиваемыми параметрами и уведомлениями
Подсистема ввода данных	Поддержка и управление всеми входными данными, связанными с microgrid (от характеристик компонентов до обратной связи по принятым решениям)
Подсистема первичного оценивания	Хранение первичных экспертных оценок проектов, критериев, а также результатов их обработки с учётом возможных погрешностей

Алгоритмическая подсистема СППР (рис. 4) отвечает за алгоритмическую и математическую поддержку СППР. Данный блок содержит все базовые алгоритмы теории принятия решений, методы принятия решений (метод аналитических сетей, метод анализа иерархий), методы кластеризации, методы обработки экспертных оценок. Особенностью блока является поддержка модифицированного метода аналитических сетей с динамической перестройкой сети и интеллектуальным управлением, предложенного в [20, 21], где показана его эффективность в задачах многокритериального выбора большой размерности (большом числе критериев и альтернатив), к числу которых относятся задачи поддержки принятия решений при управлении microgrid). Алгоритмическая подсистема содержит математические и программные модели компонентов microgrid системы и отвечает за создание цифровых двойников физических объектов и процессов microgrid системы.

Алгоритмический модуль расширяется компонентами, которые отвечают за ребалансировку microgrid. В основе алгоритмического модуля ребалансировки используются методы МАИ, МАС и их модификация, которые учитывают изменение основных критериев, появление новых критериев для выбора новых альтернатив microgrid. В таблице 14 перечислены основные модули алгоритмической подсистемы и их характеристики.

Таблица 14

Модули алгоритмической подсистемы

Table 14

Algorithmic subsystem modules

Модуль	Основные характеристики
Базовое алгоритмическое ядро	Базовые алгоритмы теории принятия решений. Методы МАС, МАИ, кластеризации, экспертных оценок, модифицированный МАС с динамической перестройкой и интеллектуальным управлением
Модуль математического и программного моделирования	Математические и программные модели компонентов microgrid. Создание цифровых двойников. Основа для анализа и симуляции системы
Модуль ребалансировки microgrid	Расширяемый компонент на основе МАИ/МАС. Учитывает изменение критериев и появление новых. Генерирует предложения по изменению конфигурации

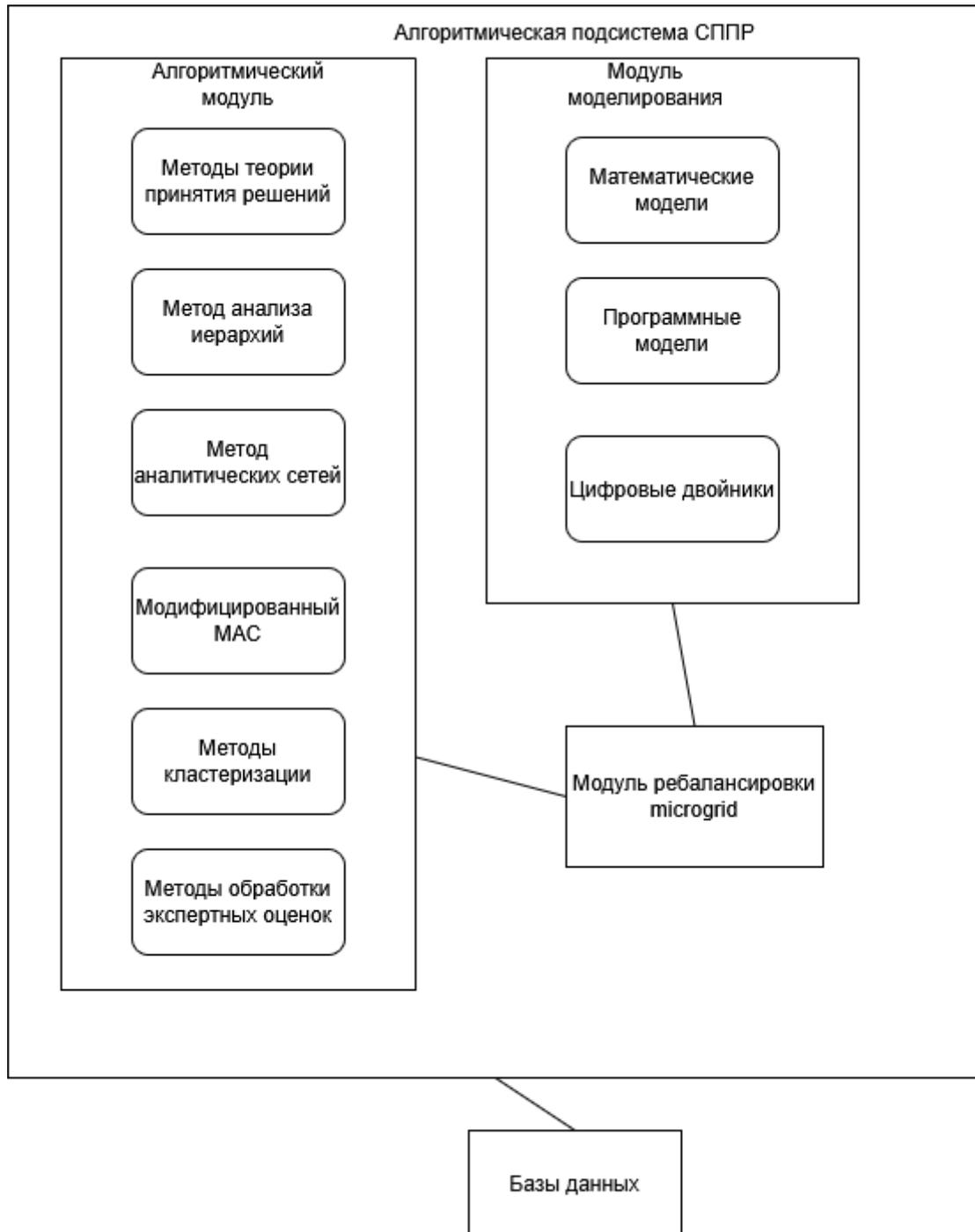


Рис. 4. Алгоритмическая подсистема СППР  
Fig. 4. Algorithmic subsystem of the decision support system

Модуль ребалансировки учитывает изменение или рост нагрузки в сети, что является следствием расширением автономного объекта, появлением на объекте новых энергоемких потребителей, изменением профиля потребления.

В результате расширения объекта появляются новые здания, цеха или объекты энергопотребления. Появление новых энергоемких потребителей – результат установки мощного оборудования: холодильных установок, зарядных станций, серверного оборудования. Изменение профиля потребления – переход на электрическое отопление, охлаждение. В данных случаях алгоритмический модуль меняет существующие или добавляет новые источник генерации, меняется схема накопления энергии, обновляется контроллер управления microgrid из-за изменения конфигурации системы.

Модуль ребалансировки учитывает износ, старение или изменение эффективности оборудования microgrid. Ключевых компоненты системы имеют свой срок службы: литий-ионные батареи обычно 10–15 лет, дизель-генераторов и солнечные панели 25 лет. Развитие технологий также вносит свой вклад в конфигурацию microgrid. Появляются более эффективные солнечные панели, инверторы, накопители. Оборудование периодически выходит из строя. Модуль ребалансировки учитывает возраст оборудования, отслеживает текущие часы наработки. Оперативно можно изменять информацию о текущем оборудовании, добавлять новое оборудование с новыми характеристиками в СППР, вносить информацию о вышедших из строя компонентах. Учитывая вышеперечисленные критерии, модуль ребалансировки предлагает новые варианты microgrid.

Модуль ребалансировки учитывает изменение экономических условий. Это изменение стоимости топлива (дизель, газ), изменение стоимости технологий на рынке, изменение тарифов и льгот. При изменении стоимости топлива повышается вероятность увеличения доли ВИЭ, солнечных панелей и накопителей. Изменение стоимости основных компонентов, появление льготных программ приводит к изменению конфигурации microgrid. Изменяются источники генерации, накопители, изменяется система управления microgrid.

Модуль ребалансировки учитывает климатические критерии, характерные для солнечных панелей и ветрогенерации. Изменение розы ветров, облачность, инсоляция в текущий момент времени и в течение сезона. В таких случаях происходит вариация компонентов microgrid, таких как солнечные панели и ВИЭ. Изменяется число компонентов каждого типа генерации, происходит замена на более мощное оборудование. Добавляются дополнительные источники накопления энергии. Исходя из потребностей, дополнительно в систему добавляются дизельные, газовые и биогазовые генераторы. В таблице 15 перечислены основные факторы работы модуля ребалансировки.

Таблица 15

Факторы работы модуля ребалансировки

Table 15

Factors of the rebalancing module operation

Группа факторов	Конкретные факторы изменений	Воздействие на конфигурацию microgrid
Изменение нагрузки и структуры	Расширение объекта Новые энергоемкие потребители Изменение профиля потребления	Изменение/добавление источников генерации Изменение накопителей Обновление контроллера
Износ, старение и технологии	Срок службы оборудования Выход из строя Новые эффективные технологии	Замена оборудования Добавление нового оборудования Обновление конфигурации
Экономические условия	Стоимость топлива Стоимость технологий Тарифы и льготы	Увеличение доли ВИЭ Изменение генерации и накопителей Изменение управления
Климатические критерии	Изменение инсоляции Роза ветров Сезонные колебания	Изменение числа/мощности ВИЭ Добавление накопителей Резервные генераторы

Интеллектуальная подсистема СППР (рис. 5) опирается на моделирование [10]. Используется предсказательное моделирование. Предсказательное моделирование – это статистический метод и метод машинного обучения, который использует исторические и текущие данные для

прогнозирования будущих результатов. Выявляя закономерности и взаимосвязи в больших наборах данных, эти модели генерируют прогнозы о неизвестных событиях.

Интеллектуальная подсистема СППР отвечает за прогнозирование условий работы системы. Учитываются основные параметры объектов microgrid системы, определяются риски работы microgrid системы, прогнозируются ожидания работы системы в различных режимах. Интеллектуальная подсистема оценивает работу microgrid системы в различные моменты времени. Работа microgrid системы оценивается в статическом и динамическом режимах. Интеллектуальная подсистема так же занимается оцениванием работы источников генерации в различные моменты времени. Изменение экологической обстановки, доступность энергетических ресурсов, экономическая ситуация являются набором внешних параметров, которые учитываются интеллектуальной подсистемой при оценке работы источников генерации в настоящий момент и в будущем.

В интеллектуальной подсистеме СППР выделяется подсистема объяснений полученных решений. Подсистема объяснений отвечает за формирование утверждений, которые разъясняют, почему определенные проекты(альтернативы) являются наилучшими при выборе проектных решений. Подсистема объяснений формирует данные для соответствующего блока интерфейсной подсистемы СППР. Подсистема объяснений проводит дополнительный анализ полученных альтернатив, с целью их оценки между собой. Производится оценка влияний критериев на альтернативы и определение тех критериев, которые больше других влияют на результат. Алгоритмический аппарат для оценки влияний на полученное решение содержится в алгоритмической подсистеме СППР. В таблице 16 представлены основные компоненты интеллектуальной подсистемы СППР и их характеристики.

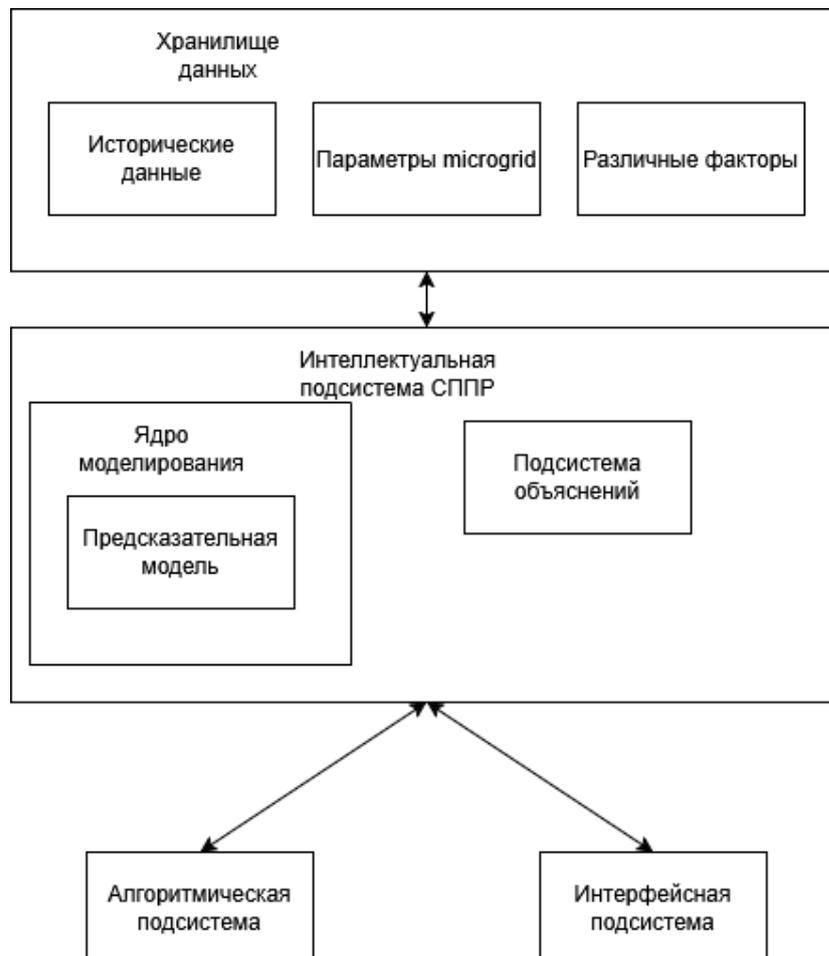


Рис. 5. Интеллектуальная подсистема СППР

Fig. 5. Intelligent subsystem of the decision support system

Таблица 16

Структура интеллектуальной подсистемы СППР

Table 16

The structure of the intelligent subsystem of the decision support system

Компонент подсистемы	Основные функции
Ядро предсказательного моделирования	Прогнозирование условий работы системы (microgrid). Оценка рисков работы системы. Прогнозирование поведения системы в различных режимах (статическом, динамическом). Оценка эффективности источников генерации с учётом внешних факторов (экология, ресурсы, экономика)
Подсистема объяснений	Формирование обоснования выбора наилучшей альтернативы. Сравнительный анализ альтернатив между собой. Оценка степени влияния различных критериев на итоговое решение.

Интерфейсная подсистема СППР (рис. 6) формирует визуальные формы, с помощью которых производится внесение в СППР следующей информации:

- общая информация о microgrid системе;
- проекты microgrid систем (альтернативы);
- критерии оценок проектов microgrid систем;
- экспертных оценки проектов microgrid систем.



Рис. 6. Интерфейсная подсистема СППР

Fig. 6. Interface subsystem of the DSS

Интерфейсная подсистема СППР отвечает за визуальное отображение информации об оценках экспертов. Интерфейсная система формирует и выводит информацию о полученном проектном решении.

Интерфейсная подсистема СППР содержит отдельную форму вывода статистической информации. Это большая форма, которая содержит множество отдельных форм, в которой представлена вся базовая информация о microgrid системах, так и статистическая информация, которая формируется при выборе проектных решений. Чаще всего это техническая информация: число альтернатив, число критериев, время работы алгоритма. Часть выводимой статистической информации касается параметров microgrid систем. Это часто используемые компоненты microgrid системы, разбросы по мощности, по ресурсам и т. д.

Интерфейсная подсистема СППР содержит блок для вывода данных информационной подсистемы СППР. Эта вся имеющаяся информация о microgrid системе и её компонентах, которая содержится в текущих базах данных.

Интерфейсная подсистема СППР содержит блок моделирования систем. В данном блоке можно сформировать проектное решение microgrid системы. Блок предоставляет возможность

выбрать источники генерации, источники накопления энергии, набор датчиков, микроконтроллеров. Блок позволяет задать требуемую мощность системы, параметры энергопотребления, смоделировать работу системы и получить результат моделирования в виде таблицы значений основных параметров. Моделирование позволяет спрогнозировать работу microgrid системы, что можно учесть при формировании проектов для выбора. В таблице 17 представлены основные компоненты и характеристики интерфейсной подсистемы.

Таблица 17

Основные компоненты интерфейсной подсистемы СППР

Table 17

The main components of the interface subsystem of the DSS

Компонент	Функции и задачи
Формы ввода данных	Сбор всей исходной информации. Общие сведения о microgrid-системе, проекты (альтернативы), критерии, оценки экспертов
Блок вывода и визуализации данных	Представление информации пользователю. Вывод экспертных оценок, итоговых решений. Просмотр справочных данных о microgrid и компонентах из БД
Статистический дашборд	Вывод аналитической и служебной информации. Базовая информация о системах. Техническая статистика (число альтернатив, критериев, время). Параметры систем (компоненты, мощность, ресурсы).
Блок моделирования	Интерактивное создание и анализ проектов. Конфигурирование системы (источники, накопители, датчики). Задание параметров (мощность, нагрузка). Запуск моделирования и просмотр результатов

СППР формирует проекты microgrid систем, максимально сбалансированные для использования на реальных удаленных объектах, критических зависящих от автономной электрогенерации. СППР способна динамически реконфигурировать microgrid при изменении внутренних или внешних условиях.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время сети электроснабжения сталкиваются с рядом технических, экономических, экологических и др. проблем. В результате работы над данными проблемами возникло новое направление – интеллектуальные сети. Работы в данном направлении сформировали новую парадигму в интеллектуальных сетях – microgrid системы.

Microgrid системы оказались очень подходящим решением для обеспечения электроснабжения различных удалённых объектов. Из-за различных особенностей удаленных объектов и требований, которые предъявляются к осуществлению электроснабжения, возникает необходимость в создании СППР. Создаваемая СППР должна быть способна самостоятельно сформировать проект microgrid системы, осуществить выбор среди заданного набора microgrid систем с учётом необходимых параметров.

На данный момент уже сформировалась определенная базовая классификация и общая архитектура СППР. Учитывая базовые архитектурные особенности СППР, предлагается варианта архитектуры СППР. Архитектура создаваемой СППР состоит из 4-х подсистем: информационная, алгоритмическая, интеллектуальная и интерфейсная.

Информационная подсистема отвечает за хранение всей необходимой информации, алгоритмическая подсистема обеспечивает математическое и программное обеспечение СППР, интеллектуальная подсистема отвечает за анализ данных СППР, интерфейсная подсистема отвечает за взаимодействие между СППР и пользователем.

В рамках разрабатываемой подсистемы особое внимание уделяется алгоритмической подсистеме, особенностью которой является наличие специализированных процедур поддержки принятия решений при большом числе критериев и альтернатив. Подсистема включает также набор методов и алгоритмов, которые обеспечивают динамическую реконфигурацию microgrid.

В результате разрабатываемая СППР позволяет создавать/выбирать проект microgrid систем, максимально сбалансированные для их применения в качестве систем автономной электрогенерации для удалённых объектов различного назначения. Дополнительно СППР обеспечивает возможность реконфигурации microgrid в различных ситуациях.

### Список литературы

1. Гарин Д.В. Интеллектуальные распределительные сети microgrid // Мавлютовские чтения: Материалы XIV Всероссийской молодежной научной конференции. В 7-ми томах, Уфа, 01–03 ноября 2020 г. Т. 3. Ч. 2. – Уфа: Уфимский государственный авиационный технический университет, 2020. – С. 9.
2. Фишов А.Г., Гуломзода А.Х., Касобов Л.С. Децентрализованная реконфигурация электрической сети с Microgrid с использованием реклоузеров // Вестник ИргТУ. – 2020. – №2 (151). – С. 382-395.
3. Стародубцев А.А. Система поддержки принятия решений // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2016. – №12. – С. 99-101.
4. Овчинников В.В., Станкевич С.А., Никольский С.Н. Архитектура и таксономия систем поддержки принятия решений // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2018. – №3(43). – С. 37-46.
5. Килина А.А., Паринов М.В., Чижов М.И. Архитектура системы поддержки принятия и контроля проектных решений // Вестник ВГТУ. – 2011. – №12-2. – С. 41-44.
6. Беляева М.А., Буреш О.В., Шаталова Т.Н. Разработка интегрированной системы поддержки принятия решений по управлению проектами в условиях неопределенности // Вестник ОГУ. – 2011. – №13(132). – С. 43-48.
7. Сабадош Л.Ю., Косенко Н.В., Гахова М.А. Система поддержки принятия решений по формированию проектной команды // Экономика. Информатика. – 2012. – №19-1(138). – С. 185-189.
8. Егоров С.Я., Немтинов К.В. Информационное обеспечение системы управления принятием проектно-технологических решений // Вестник ТГТУ. – 2017. – №2. – С. 225-231.
9. Джарратано Дж., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование. 4-е изд. М.: Вильямс, 2007. – 1152 с.
10. Бобронников В.Т., Терещенко Т.С. Система поддержки принятия решений для обоснования выбора проектных параметров автономных систем энергоснабжения // Труды МАИ. – 2016. – №88. – С. 1-24.
11. Системы поддержки принятия решений как новый рубеж для бизнеса и для программистов // URL: <https://habr.com/ru/companies/ibs/articles/759482/> (дата обращения: 14.12.2025)
12. OLTP // URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/OLTP> (дата обращения 14.12.2025)
13. Data warehouse // URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Data\\_warehouse](https://en.wikipedia.org/wiki/Data_warehouse) (дата обращения 14.12.2025)
14. ETL // URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ETL> (дата обращения 14.12.2025)
15. MicroGrid — ответ на новые вызовы электроэнергетики // URL: <https://controlengrussia.com/otraslevye-resheniya/microgrid/> (дата обращения 14.12.2025)
16. О разработке целевой модели Mini/Microgrid // URL: <https://gktess.ru/articles/o-razrabotke-celevoj-modeli-prototipa-minimicrogrid/> (дата обращения 14.12.2025)
17. Service-oriented architecture // URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Service-oriented\\_architecture](https://en.wikipedia.org/wiki/Service-oriented_architecture) (дата обращения 14.12.2025)
18. Knowledge-based systems // URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Knowledge-based\\_systems](https://en.wikipedia.org/wiki/Knowledge-based_systems) (дата обращения 14.12.2025)
19. Event-driven architecture // URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Event-driven\\_architecture](https://en.wikipedia.org/wiki/Event-driven_architecture) (дата обращения 14.12.2025)
20. Поддержка принятия решений при выборе проекта автономной электрогенерации для малых производственных предприятий / Вендин А.С., Вохменов С.В., Голованова Е.В., Ломазов А.В., Ломазов В.А. // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 7 (115). – С. 662-671
21. Вендин А. С., Ломазов А. В., Ломазов В. А. Поддержка принятия решений при многокритериальном выборе проекта комбинированной автономной электрогенерации // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 11(131). – С. 800-811.

## References

1. Garin D.V. Intelligent distribution networks microgrid / D.V. Garin // Mavlyutov Readings: Proceedings of the XIV All-Russian Youth Scientific Conference. In 7 volumes, Ufa, November 1–3, 2020. Vol. 3, Part 2. – Ufa: Ufa State Aviation Technical University, 2020. – p. 9. – EDN BJUVVA.
2. Fishov A.G., Gulomzoda A.Kh., Kasobov L.S. Decentralized reconfiguration of an electrical network with Microgrid using reclosers // Irkutsk State Technical University Bulletin. – 2020. – №2(151). – pp. 382-395.
3. Starodubtsev A.A. Decision support system // Current issues in aviation and astronautics. – 2016. – №12. – pp. 99-101.
4. Ovchinnikov V.V., Stankevich S.A., Nikolskii S.N. Architecture and taxonomy of decision support systems // Caspian Journal: Management and High Technologies. – 2018. – №3(43). – pp. 37-46.
5. Kilina A.A., Parinov M.V., Chizhov M.I. Architecture of a system for supporting and controlling project decision-making // Vestnik VGTU. – 2011. – №12-2. – pp. 41-44.
6. Belyaeva M.A., Buresh O.V., Shatalova T.N. Development of an integrated decision support system for project management under uncertainty // VSTU Bulletin. – 2011. – №13(132). – pp. 43-48.
7. Sabadosh L.Yu., Kosenko N.V., Gakhova M. A. Decision Support System for Forming a Project Team // Economics. Information technologies. – 2012. – №19-1(138). – pp. 185-189.
8. Yegorov S.Ya., Nemtinov K.V. Information support for the management system for making design and technological decisions // TSTU Bulletin. – 2017. – №2. – pp. 225-231.
9. Dzharratano Dzh., Raili G. Expert systems: principles of development and programming. Moscow: Williams, 2007. – P. 1152.
10. Bobronnikov V.T., Tereshchenko T.S. A decision support system for justifying the choice of design parameters for autonomous power supply systems // Proceedings of MAI. – 2016. – №88. – pp. 1-24.
11. Decision Support Systems as a New Frontier for Business and for Programmers // URL: <https://habr.com/ru/companies/ibs/articles/759482/> (accessed: 14/12/2025)
12. OLTP // URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/OLTP> (accessed 14/12/2025)
13. Data warehouse // URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Data\\_warehouse](https://en.wikipedia.org/wiki/Data_warehouse) (accessed: 14/12/2025)
14. ETL // URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ETL> (accessed: 14/12/2025)
15. MicroGrid: A Response to New Challenges in the Electric Power Industry // URL: <https://controlengrussia.com/otraslevye-resheniya/microgrid/> (accessed: 14/12/2025)
16. About developing a target Mini/Microgrid model // URL: <https://gktest.ru/articles/o-razrabotke-celevoj-modeli-prototipa-minimicrogrid/> (accessed: 14/12/2025)
17. Service-oriented architecture // URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Service-oriented\\_architecture](https://en.wikipedia.org/wiki/Service-oriented_architecture) (accessed: 14/12/2025)
18. Knowledge-based systems // URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Knowledge-based\\_systems](https://en.wikipedia.org/wiki/Knowledge-based_systems) (accessed: 14/12/2025)
19. Event-driven architecture // URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Event-driven\\_architecture](https://en.wikipedia.org/wiki/Event-driven_architecture) (accessed: 14/12/2025)
20. Vendin A.S., Vokhmenov S.V., Golovanova E.V., Lomazov A.V., Lomazov V.A. Decision support for selecting an autonomous power generation project for small industrial enterprises // Engineering Bulletin of the Don. – 2024. – № 7(115). – pp. 662-671.
21. Vendin A.S., Lomazov A.V., Lomazov V.A. Decision support for multi-criteria selection of a combined autonomous power generation project // Engineering Bulletin of the Don. – 2025. – № 11(131). – pp. 800-811.

**Вендин Александр Сергеевич**, аспирант инженерного факультета, Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина, п. Майский, г. Белгород, Россия

**Vendin Aleksandr Sergeevich**, Postgraduate student of the Faculty of Engineering, Belgorod State Agricultural University named after V.Y. Gorin (Belgorod SAU), Maiskii, Belgorod, Russia