

## ОТКРЫТАЯ ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА УПРАВЛЕНИЯ СПРОСОМ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ «ЭНЕРДЖИНЕТ АЛТАЙ»

Троезубов Сергей Александрович, [audit-elektro@mail.ru](mailto:audit-elektro@mail.ru)  
Сташко Василий Иванович, [diael@mail.ru](mailto:diael@mail.ru)

### **Аннотация:**

В статье рассматриваются современные тенденции построения потребительских сервисов, технологий и систем, которые позволяют наиболее эффективно решать проблемы, связанные с управлением спросом и ценозависимым энергопотреблением. На основе анализа структуры рынка электроэнергии и мощности, а также исследования основных принципов формирования цен в электроэнергетике, предложены решения, которые позволяют потребителям сократить затраты на электроснабжение. В статье отмечен тот факт, что несмотря на экономическую выгоду, потребители в настоящее время не достаточно заинтересованы в управлении спросом и регулировании своего собственного потребления электроэнергии и мощности. Для решения этой проблемы предложено создание цифровой платформы, доступ к которой имеют все участники энергосистемы региона.

**Ключевые слова:** электроэнергия, мощность, потребитель, энергосистема, рынок, управление спросом, цена.

Наиболее перспективными трендами развития энергетики являются процессы, связанные с широким внедрением цифровых технологий в данной отрасли. Преобразования в электроэнергетическом секторе усиливают конкуренцию между компаниями, вынуждая повышать эффективность производства всех участников рынка, и одновременно открывая новые возможности повышения энергосбережения и энергоэффективности. В результате, важную роль в складывающихся условиях приобретает не только научно-исследовательская и инновационная деятельность в сфере цифровой энергетики, с последующей коммерциализацией результатов, но и создание открытых цифровых платформ и общедоступных потребительских сервисов.

Учитывая тот факт, что изменения в энергетике происходят достаточно быстро, необходимо понимать и то, что инновационные технологии должны касаться всех составляющих энергетического цикла, т.е. производства (генерации), транспортировки и сбыта электроэнергии. Внедрение новых технологий в энергетике, которые, по сути, являются конвергентными, призвано обеспечить развитие именно всех вышеуказанных составляющих энергетического цикла [1]. К таковым, например, можно отнести не только технологии, связанные с интеллектуальными системами в сетевом комплексе (учет энергоресурсов, дистанционного управления энергетическими объектами, системами накопления энергии и т.д., но и специализированные цифровые сервисы по управлению спросом.

Согласно архитектуре Энерджинет НТИ (Национальная технологическая инициатива), потребительские сервисы – это одна из основных перспектив развития EnergyNet, в основе деятельности которой лежит концепция «Интернета энергии». Таким образом, цифровую платформу управлением спросом можно отнести к новому виду энергетических сервисов, которые кардинально изменят некоторые привычные функции и возможности субъектов рынка электроэнергии.

Концепция «Интернет энергии» подразумевает широкое использование современных цифровых технологий, касающееся следующих процессов:

- децентрализации энергосистемы;
- превращение промышленных и бытовые потребители, наряду с энергокомпаниями, в равноправных активных участников рынка электроэнергии;
- широкое вовлечение всех конечных потребителей в интеллектуальные процессы управления обеспечивается гибкость и устойчивость энергосистемы, а также снижение издержек, возникающих при интеграции отдельных объектов распределенной энергетики [2].

В данном случае, речь идёт о разработке программного обеспечения для конечных потребителей, которые использует открытые данные основных структурных единиц ОРЭМ (оптовый рынок электроэнергии и мощности), который, в свою очередь, функционирует на объединенных в ценовые и неценовые зоны территориях (рисунок 1).



Рисунок 1 - Ценовые и неценовые зоны ОРЭМ

Упрощённая структура ОРЭМ представлена на рисунке 2.

Учитывая современные тенденции построения потребительских сервисов, наиболее оптимальным решением проблемы управления спросом является создание открытой цифровой платформы.

В общем виде цифровая платформа представляет собой программно-аппаратный комплекс, интегрированный в систему, которая решает прикладные задачи, повышая тем самым эффективность производства, качество услуг, и т.д. и т.п.

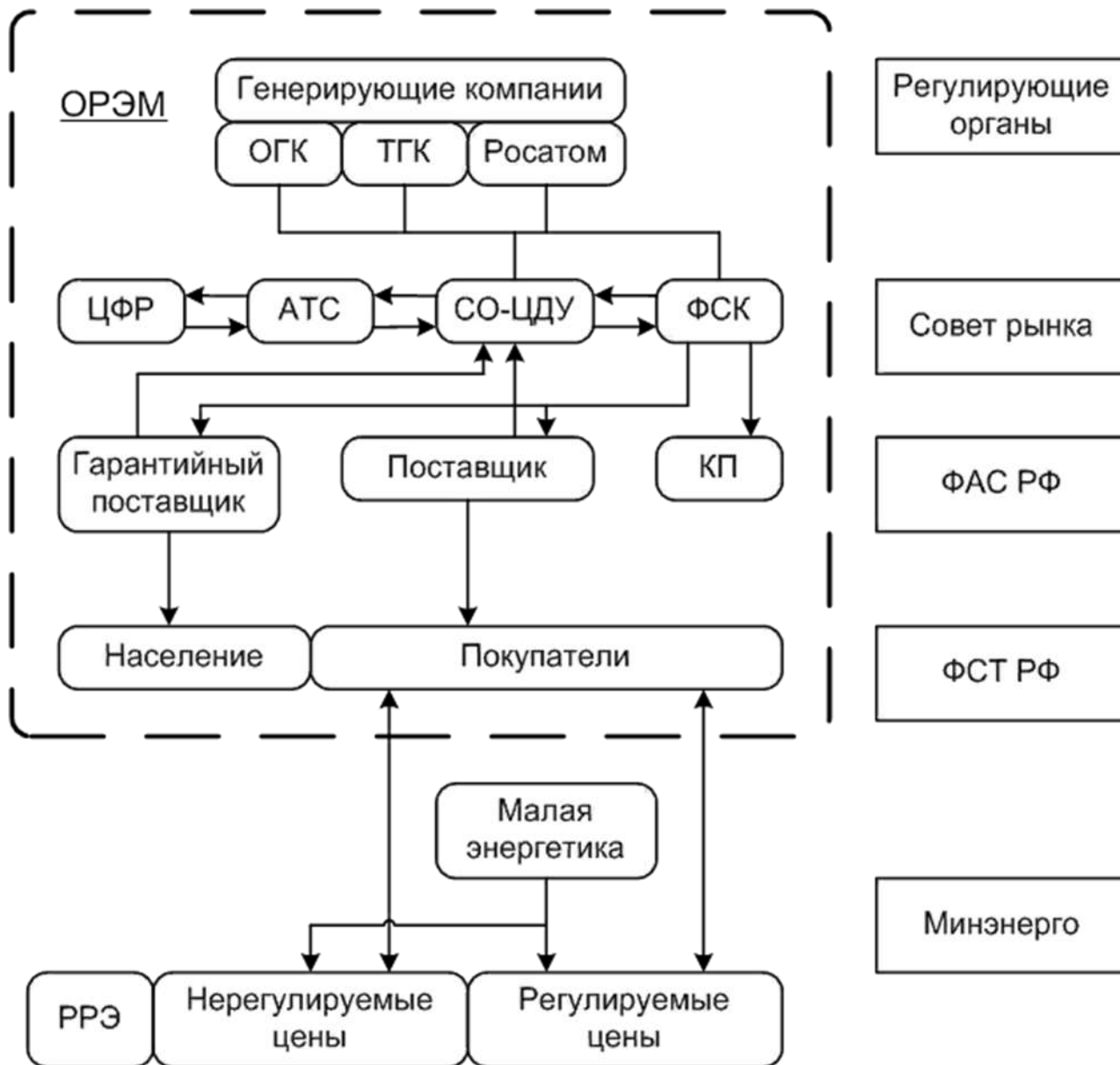


Рисунок 2 - Структура оптового рынка электроэнергии и мощности: АТС – Администратор торговой системы оптового рынка электроэнергии; КП – крупные потребители; ОГК – Оптовая генерирующая компания; ОРЭМ – Оптовый рынок электроэнергии и мощности; РРЭ – розничный рынок; РФ – Российская Федерация; СО-ЦДУ – Системный оператор – Центральное диспетчерское управление; ТГК – Территориальная генерирующая компания; ФАС – Федеральная арбитражная служба; ФСК – Федеральная сетевая компания; ФСТ – Федеральная служба тарифов; ЦФР – Центр финансовых расчетов

В качестве примера цифровой платформы можно привести программную платформу управления распределенной энергетикой, которая создаётся в рамках проекта Национальной технологической инициативы (НТИ) Энерджинет. Создание данной платформы связано с динамичным развитием генерации на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и накопителей энергии. Т.е., необходимость постоянного совершенствования систем управления распределенными энергосистемами, требует существенных капитальных и временных затрат. Поэтому создание цифровой платформы управления распределенной энергетикой явилось одним из возможных решений, позволяющих снизить эти затраты [3].

Кроме того, ключевым направлением реформирования электроэнергетики, является переход от тарифного регулирования к формированию цен на электроэнергию с учётом всех факторов, в том числе и экономических [4]. Правила тарифного регулирования в Российской Федерации устанавливаются различными уровнями законодательства и множеством (около 20) подзаконных актов. При этом проблема формирования рыночных отношений в энергетике достаточно противоречива, и до настоящего времени не решена [5].

В любом случае, существует множество факторов, которые влияют как на цену электроэнергии, так и на режимы работы энергосистем различного уровня. Но, если говорить об управлении спросом, то у субъектов электроэнергетики, ОРЭМ и у конечных потребителей интересы могут различаться.

Так, АО «СО ЕЭС» заинтересован в управлении спросом, так как не только формирует цену, но и обеспечивает устойчивость и надёжность энергосистемы.

Следующий заинтересованный – это гарантирующие поставщики электроэнергии (ГП), энергосбытовые компании, и т.д., у которых заинтересованность сводится исключительно к коммерческой выгоде. Они, покупая электроэнергию по одной цене, могут значительно сэкономить, если изменят потребление электроэнергии конечными потребителями в те моменты времени, когда цена на электроэнергию будет высокой.

Последний в цепочке управления спросом стоит конечный потребитель. Т.е., возникает парадоксальная ситуация, когда потребитель, эффективность производства которого в немалой степени зависит от энергетической эффективности, энергоёмкости и показателей энергосбережения, заинтересован в снижении цены на электроэнергию меньше всего. Причин такого отношения потребителей к управлению спросом множество, но, для решения данной проблемы необходимо рассмотреть основные принципы формирования цены на электроэнергию и мощность.

Как известно, потребляемая предприятиями в течение суток мощность может изменяться в несколько раз. Например, пиковые нагрузки могут быть в утренние и вечерние часы, нагрузка может скачкообразно возрастать днем и падать до минимума ночью. Соответственно изменяется и цена, которая зависит в основном от двух факторов: затрат на производство электроэнергии и коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) генерации.

Следует отметить и тот факт, что рост цен на энергоносители с одновременным ростом потребления будет благоприятно влиять на КИУМ, но цена на электроэнергию будет расти синхронно с затратами на её производство. Если же потребление наоборот замедлится, то загрузка энергосистемы и КИУМ снизятся, но цены будут расти даже ещё быстрее, чем в случае роста энергопотребления.

Исходя из вышеизложенного очевидно, что определяющим фактором, влияющим на цены ОРЭМ, является себестоимость выработки, т.е., затраты на производство электроэнергии. Использование рыночного механизма регулирования РСВ (рынок на сутки вперед) наиболее наглядно отражает формирование так называемой средневзвешенной цены (рисунок 3).

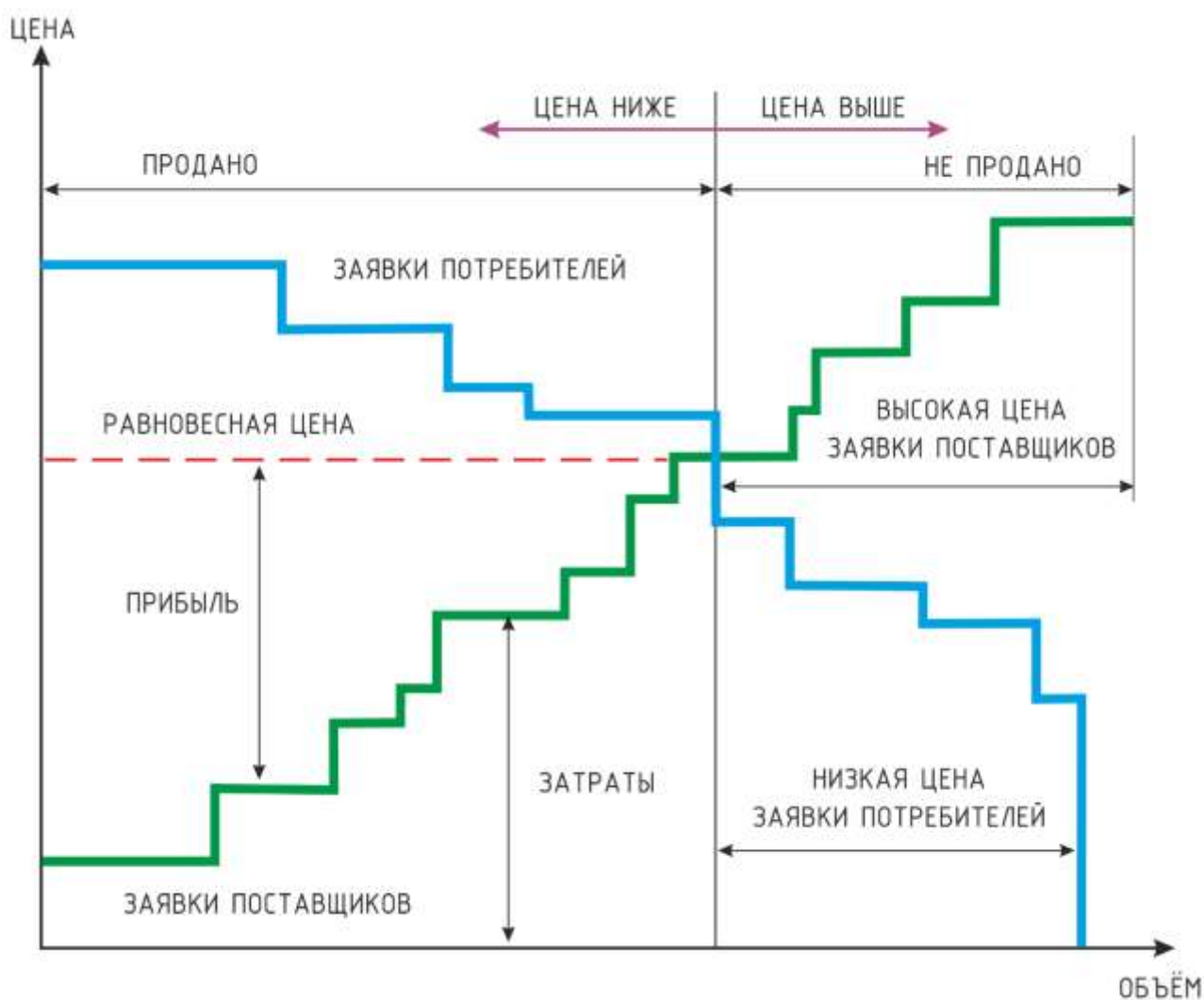


Рисунок 3 – Формирование равновесной цены РСВ

Весь объём потребляемой электроэнергии и мощности в России, начиная с 2011 года, потребители покупают по нерегулируемым, свободным ценам, которые зависят от результатов торгов на ОРЭМ.

На ОРЭМ существуют несколько основных секторов, которые используют различные рыночные механизмы торговли [6]:

- РСВ – рынок на сутки вперед;
- БР – балансирующий рынок;
- РД – рынок регулируемых договоров;
- СДД – свободные договора купли-продажи электроэнергии.

Приобретённая соответствующими субъектами на оптовом рынке электроэнергия и мощность реализуется на розничных рынках электрической энергии (РРЭ). Также, энергосбытовые компании и ГП могут торговать электроэнергией приобретённой у генерирующих компаний, которые не являются участниками ОРЭМ. Здесь, возвращаясь к вышесказанному следует отметить, что именно эта часть генерации, а точнее – микрогенерации, да ещё и на основе использования ВИЭ, сегодня является наиболее динамично развивающимся.

Мгновенная цена электроэнергии на РРЭ неизвестна, определяется только лишь по итогам каждого месяца и представляет собой сумму двух основных составляющих [6]:

1. Средняя стоимость электроэнергии и мощности на ОРЭМ;
2. Услуги по передаче электроэнергии, стоимость услуг инфраструктурных организаций, сбытовая надбавка ГП.

Структура конечной цены на электроэнергию (мощность) для потребителя представлена на рисунке 4.

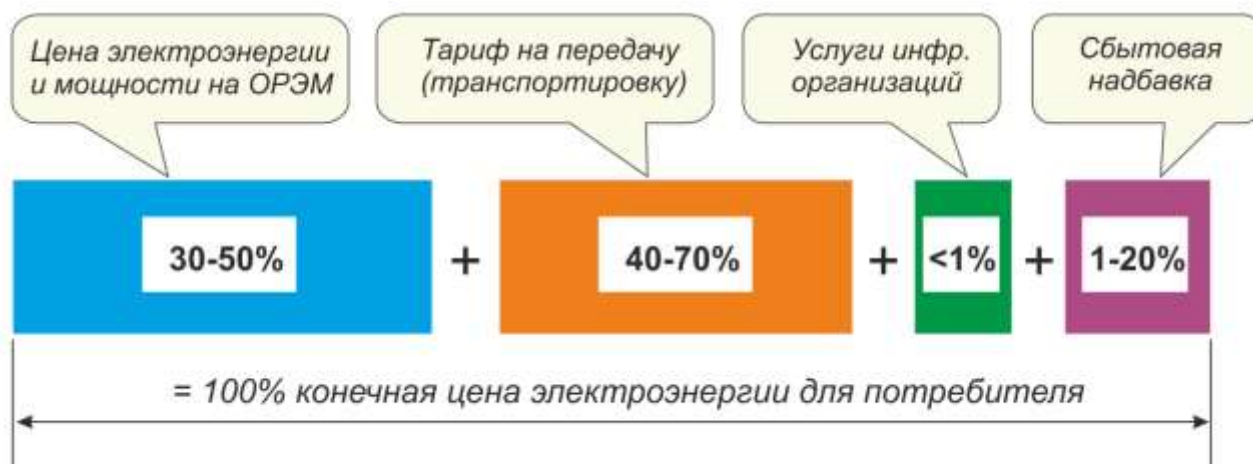


Рисунок 4 - Структура конечной цены на электроэнергию и мощность

В настоящее время предельные уровни нерегулируемых цен на РРЭ рассчитываются ГП по шести ценовым категориям [6]:

*Первая ценовая категория (1ЦК)* - для объемов покупки электрической энергии (мощности), учет которых осуществляется в целом за расчетный период;

*Вторая ценовая категория (2ЦК)* - для объемов покупки электрической энергии (мощности), учет которых осуществляется по зонам суток расчетного периода;

*Третья ценовая категория (3ЦК)* - для объемов покупки электрической энергии (мощности), в отношении которых в расчетном периоде осуществляется почасовой учет и стоимость услуг по передаче электрической энергии определяется по тарифу в одноставочном выражении;

*Четвертая ценовая категория (4ЦК)* - для объемов покупки электрической энергии (мощности), в отношении которых в расчетном периоде осуществляется почасовой учет и стоимость услуг по передаче электрической энергии определяется по тарифу в двухставочном выражении;

*Пятая ценовая категория (5ЦК)* - для объемов покупки электрической энергии (мощности), в отношении которых в расчетном периоде осуществляются почасовое планирование и учет и стоимость услуг по передаче электрической энергии определяется по тарифу в одноставочном выражении;

*Шестая ценовая категория (6ЦК)* - для объемов покупки электрической энергии (мощности), в отношении которых в расчетном периоде осуществляются почасовое планирование и учет и стоимость услуг по передаче электрической энергии определяется по тарифу в двухставочном выражении.

Таким образом, конечная цена для потребителей складывается из нескольких составляющих, в управлении спросом заинтересованы ГП, и сетевые компании, а потребители имеют возможность выбора покупки электроэнергии (мощности) из шести ценовых категорий.

Как уже было отмечено выше, из всех субъектов электроэнергетики, менее всего мотивированы управлять спросом (регулировать график нагрузки) – конечные потребители электрической энергии и мощности. Это подтверждают и результаты предварительных исследований, которые были проведены в АлтГТУ совместно с аудиторской группой комитета по энергетике Торгово-промышленной палаты Алтайского края. Поэтому рассматривая проблему управления спросом, необходимо понимать, что её решение возможно только при условии, когда абсолютно все участники энергосистемы будут в этом заинтересованы. Конечно, создание механизма управления спросом и развитие ценозависимого потребления на оптовом рынке, позволяет решить некоторые ранее неразрешимые задачи, но для требуется время, а ситуация на энергорынке как и вообще в энергетике изменяется очень быстро.

Так, появление агрегаторов спроса (нагрузки) открывает широкие возможности участникам оптового рынка электроэнергии управлять изменением нагрузки группы потребителей, чтобы продавать совокупность регулировочных способностей этих потребителей как единый объект в качестве товара/услуги на оптовом рынке и/или на рынке системных услуг. Агрегаторы (ГП, сбытовые компании, в том числе и независимые) самостоятельно занимаются поиском потребителей, которые имеют возможность изменять график нагрузки, потребление, и т.д., в том числе разрабатывать оптимальные алгоритмы участия в управлении спросом и оснащать потребителей необходимыми средствами автоматизации, приборами и устройствами [7]. Но, такой подход не повышает желание потребителя участвовать в программе агрегатора управления спросом, так как связан с множеством различных как технических, так и управленческих



решений и процедур, а конечный эффект от всего этого спрогнозировать достаточно сложно.

Для того, что бы в управлении энергорынком с помощью ценозависимого энергопотребления было заинтересовано максимальное число потребителей, а управление спросом со стороны ГП и агрегаторов спроса было более эффективным, предлагается разработать и создать специализированную информационную систему (цифровую платформу), открытую и доступную всем участникам энергорынка. В данном случае речь идёт о региональной цифровой платформе РРЭ под названием «Энерджинет Алтай», которая должна обеспечивать выполнение всех основных информационных и технических функций, связанных с ценозависимым энергопотреблением и управлением спросом.

Региональная цифровая платформа (РЦП) позволит уменьшить потребление электроэнергии конечным потребителем при возникновении определенных системных условий. К таким условиям относятся, например, «противоаварийное» энергопотребление, суть которого заключается в недопущении перегрузки энергосети, или «экономическое», которое заключается в недопущении экономически нецелесообразных перетоков электроэнергии, согласно поступающей оперативной информации от ОРЭМ или РРЭ [8].

В общем виде РЦП «Энерджинет Алтай» представляет собой агрегатор (сборщик) данных о состоянии энергосистемы региона, после обработки которых производится прогноз почасовой цены на электроэнергию в режиме реального времени. Сервис собирает данные из различных открытых источников, формируя собственную базу данных на основе анализа информации от инфраструктурных организаций, генерирующих, сетевых и энергосбытовых компаний.

Анализ данных производится на основе использования нейронных сетей с учётом статических и динамических данных поступающих от следующих организаций:

1. **Ассоциация «НП Совет рынка».** Информация о прогнозных свободных (нерегулируемых) ценах на электрическую энергию и мощность на следующий месяц для Алтайского края (вторая ценовая зона), генерация и потребление в руб./МВт·ч.

Информация о прогнозных значениях предельных уровней нерегулируемых цен на электрическую энергию (мощность) по гарантирующим поставщикам на следующий месяц текущего года.

ОДУ Сибири. Индикаторы работы ОЭС Сибири. Частота в сети ЕС России (ежесекундно), температура в ОЭС (ежесуточно) [9].

Значение частоты в энергосистеме Алтайского края берётся непосредственно в точке подключения сети основного сервера.

2. **АО «АТС».** Часы пиковой нагрузки. Отчет по часам пиковой нагрузки для АО «Алтайэнергосбыт», АО «Алтайкрайэнерго», АО «Барнаульская горэлектросеть», ООО «Заринская горэлектросеть» [10].



3. АО «ЦФР». Оперативная информация о состоянии и динамике расчетов на РРЭ по данным ГП и ЭСК. Динамика задолженности потребителей, структура дебиторской задолженности, уровень расчетов и прочее [11].

Собранная информация обрабатывается в режиме реального времени, что позволяет любому потребителю электроэнергии подключиться к «Энерджинет Алтай» и не только протестировать эффективность собственной системы электроснабжения в течении одного месяца, но и получить данные о перспективе снижения размера оплаты за потреблённую электроэнергию (мощность).

Планирование потребления имеет важное значение для всех участников рынка электроэнергии. Имея доступ к РЦП предприятия и организации получают возможность с максимальной эффективностью корректировать график нагрузки и экономить средства за счет снижения потребления электроэнергии, т.е., управлять потреблением в зависимости от уровня цен. Единственным исключением будет являться так называемое управление начального (первого) уровня.

Управление начального уровня осуществляться исключительно ГП путём регулировки  $P_{\text{макс}}$  - максимальной мощности. Суть проблемы здесь сводится к тому, что сегодня крупное производственное предприятие с установленной мощностью  $P_{\text{уст}} = 3000$  кВт может потреблять, например, 150-200 МВт·ч, что будет соответствовать примерно 500-600 кВт реальной установленной мощности. Т.е.,  $P_{\text{уст}}$  завышена более чем в 5 раз. Разность между  $P_{\text{уст}}$  предприятия, которая была заявлена им при технологическом присоединении к сети, и фактической мощностью, которая потребляется им из сети – это есть резервируемая максимальная мощность.

Не используемая потребителем мощность создаёт дополнительные проблемы как для ГП и сетевых организаций, так и для самих потребителей несмотря на то, что сейчас они оплачивают мощность исходя из своего фактического потребления. При этом все издержки и эксплуатационные затраты несут сетевые организации, которые должны обеспечивать к передаче весь заявленный потребителем при технологическом присоединении объем мощности. По оценке Министерства энергетики РФ, в энергосистеме не используется более 100 ГВт, что составляет около 65% мощности сетей [12]. Тем не менее, даже если к потребителям будут применены санкции, то они в любой момент времени могут отказаться (продать, передать другому потребителю) от резерва мощности, и тем самым избежать дополнительных затрат.

Практическое использование РЦП «Энерджинет Алтай» может быть наиболее эффективным решением задачи по сокращению затрат на электроснабжение, так как позволяет оценить фактически все факторы, оказывающие влияние на конечную стоимость электроэнергии для конкретного предприятия. К таким факторам относятся:

- ценовая категория и мощность;
- потери в линиях электропередачи и трансформаторах;
- величина потребления реактивной мощности;
- реагирование прибора учёта на колебания напряжения в сети;

- уровень напряжения;
- пиковые нагрузки.

В организационном плане реализация предложенной цифровой платформы предполагает создание структуры согласно схемы (рисунок 5), состоящей из взаимосвязанных процессов и мероприятий.

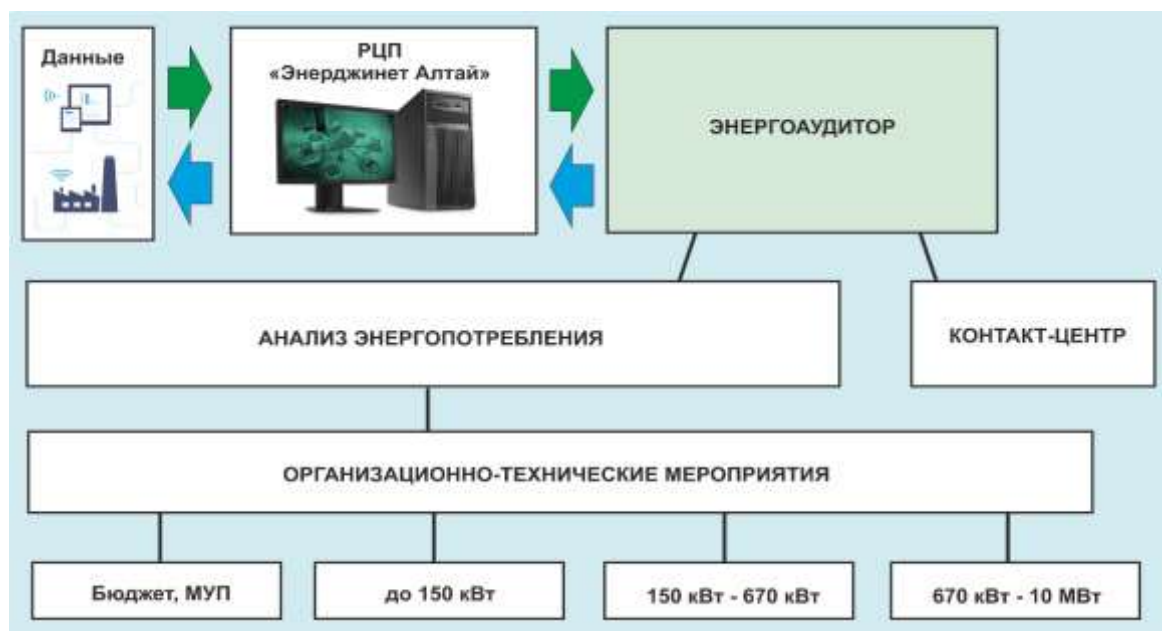


Рисунок 5 – Организационная структура цифровой платформы

Алгоритм выполнения организационно-технических работ, а также подробное описание функционирования и методики, которая позволяет потребителям снизить оплату за электроэнергию, приведены в статье «Эффективные способы энергосбережения и сокращения затрат на электроснабжение» сборника материалов Всероссийской научно-технической конференции «Интеллектуальная энергетика – 2022» [13].

### Список используемой литературы

1. Шугуров, М. В. Некоторые правовые вопросы научно-технологического сотрудничества государств ЕАЭС в сфере цифровых трансформаций энергетического сектора / М. В. Шугуров // . – 2022. – № 1(140). – С. 93-99. – EDN RIRDRZ.
2. Огороков, Р. В. Перспективы развития Интернета энергии как инновационной технологии цифровой энергетики в России / Р. В. Огороков, А. А. Тимофеева, Д. Н. Рыхтик // . – 2022. – Т. 12, № 10-1. – С. 62-71. – DOI 10.34670/AR.2022.97.94.005. – EDN YTYXXR.
3. Небера, А. А. Цифровая платформа - ключ к развитию систем управления для распределенной энергетики / А. А. Небера, Ф. С. Непша // Энергоэксперт. – 2022. – № 3(83). – С. 34-38. – EDN MGHXQI.
4. Федеральный закон от 26.03.2006 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» // Юридическая информационная система «Легалакт - законы, кодексы и нормативно-правовые акты Российской Федерации». URL: <https://legalacts.ru/doc/federalnyi-zakon-ot-26032003-n-35-fz-ob>.

5. Мищеряков, С. В. Механизмы формирования рыночных отношений в энергетике на базе организационных платформ / С. В. Мищеряков, Г. П. Кутовой, А. А. Полуниин // Энергоэксперт. – 2022. – № 3(83). – С. 26-33. – EDN IWDDGG.
6. Колибаба, В. И. Оценка влияния тарифного регулирования на устойчивое функционирование и развитие энергокомпаний РФ / В. И. Колибаба, А. С. Тарасова // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2023. – Т. 15, № 1(57). – С. 152-172. – EDN EDXXJA.
7. Кулешов М., Рычков С. Концепция функционирования агрегаторов распределенных энергетических ресурсов в составе Единой энергетической системы России. Агрегаторы управления спросом на электроэнергию / М. Кулешов, С. Рычков / АО «СО ЕЭС». – 2018. – 46 с.
8. Дацюра, С. В. Перспективы ценозависимого энергопотребления / С. В. Дацюра, С. И. Ножко, И. П. Соболева // Системы. Методы. Технологии. – 2022. – № 4(56). – С. 46-52. – DOI 10.18324/2077-5415-2022-4-46-52. – EDN CFKOSC.
9. Индикаторы работы ОЭС [Электронный ресурс] // Акционерное общество «Системный оператор Единой энергетической системы». URL: <https://www.sops.ru/functioning/ees/oes-siberia/oes-siberia-indicators/> (Дата обращения: 20.06.2023).
10. Часы пиковой нагрузки [Электронный ресурс] // Акционерное общество «Администратор торговой системы». URL: <https://www.atsenergo.ru/results/market/calcfacthour>. (Дата обращения: 20.06.2023).
11. Розничные рынки [Электронный ресурс] // Акционерное общество «Центр финансовых расчетов». URL: [https://cfrenergo.ru/monitoring\\_and\\_analytics/RRE/](https://cfrenergo.ru/monitoring_and_analytics/RRE/) (Дата обращения: 20.06.2023).
12. Шумилов, А. С. Плата за резерв мощности: законопроект должен справедливо распределить сетевые мощности, но ошибочно приравнивает генераторов к потребителям / А. С. Шумилов, П. Ф. Абдушукуров // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2020. – № 5(62). – С. 78-79. – EDN RVLLHK.
13. Троезубов, С. А. Эффективные способы энергосбережения и сокращения затрат на электроснабжение / С. А. Троезубов // Интеллектуальная энергетика - 2022 : Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции, Барнаул, 22 сентября 2022 года / Ред.-сост. С. О. Хомутов, С. А. Родт, В. И. Сташко. – Барнаул: Межрегиональный центр электронных образовательных ресурсов, 2022. – С. 48-56. – DOI 10.57112/22022-07. – EDN KSEJAZ.

### **Информация об авторах**

Троезубов С. А. – аудитор Комитета по энергетике Торгово-промышленной палаты Алтайского края, РФ, Алтайский край, г. Барнаул.

Сташко В. И. – к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», РФ, Алтайский край, г. Барнаул.

### **Ссылка для цитирования**

Троезубов, С. А. Открытая цифровая платформа управления спросом на электрическую энергию «ЭНЕРДЖИНЕТ АЛТАЙ» / С. А. Троезубов, В. И. Сташко // Энерджинет. 2023. № 1. URL: <http://nopak.ru/231-701> (дата обращения: 05.07.2023).

