

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЫТОВЫХ КОМПАНИЙ

МАКОКЛЮЕВ Б.И., д.т.н., ПОЛИЖАРОВ А.С., к.т.н. (ООО «Энергостат»)

ЛОМЕЙКО А.А., МИШИНА В.В. (АО «Энергосбытовая компания Кировского завода»)

Планирование режимных параметров и технико-экономических показателей – одна из важных задач обеспечения функционирования энергокомпаний. Одним из основных показателей при планировании работы компаний является величина прогнозов ожидаемого электропотребления (потребления электроэнергии и мощности) в целом по энергокомпании, группам и отдельным потребителям. Для расчетов прогнозов в филиалах АО «СО ЕЭС» и в некоторых энергосбытовых компаниях России используются средства программного комплекса Энергостат [1–5]. В ряде объектов для реализации расчетов используются средства комплекса на базе облачных технологий – систем хранения и обработки информации на удаленных серверах – облаках с доступом через средства Интернет. Один из подобных проектов – технологический сайт прогнозирования, используемый в Акционерном обществе «Энергосбытовая компания Кировского завода».

Сайт представляет собой программный комплекс, располагаемый на серверах центра обработки данных (ЦОД), и состоит из серверных программных средств, обеспечивающих работу Web-интерфейса, расчетных функций и пользовательских баз данных (рис. 1). При необходимости установка комплекса может быть осуществлена непосредственно на серверах компании.

Достоинства использования облачных технологий при прогнозировании:

- возможность пользования функциями технологического сайта из разных мест, в т.ч. подразделений и филиалов сбытовых компаний и с любых устройств, имеющих доступ в интернет, в т.ч. и мобильных;

- не требуется установка и обновление программного обеспечения на клиентских местах, и, соответственно, снижаются расходы на администрирование и поддержку;

- возможность обмена данными в «облаке» между базами данных различных подразделений компании и пользователей.

Основные функции сайта прогнозирования:

- подготовка иерархической структуры показателей в базе данных;

- загрузка исходных данных для расчетов, работа со средствами просмотра данных;

- статистический анализ данных, исследование влияния метеофакторов;

- прогнозирование и анализ точности прогнозных расчетов;

- обмен данными между пользователями, интеграция данных филиалов и отделений в центральном офисе;

- формирование отчетных форм.

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В БАЗЕ ДАННЫХ

Электропотребление и другие технико-экономические показатели структурируются по определенным территориальным и технологическим критериям. В состав показателей входят потребление и его компоненты, метеофакторы и другие данные.

Показатели в базе данных технологического сайта описываются определенным набором характеристик, таких, как наименование, единица измерения и т.п. Пользователь может осуществлять группировку показателей в удобное для работы иерархическое дерево. На рис. 2 приведены примеры структуры показателей компании. Названия крупных потребителей изменены.

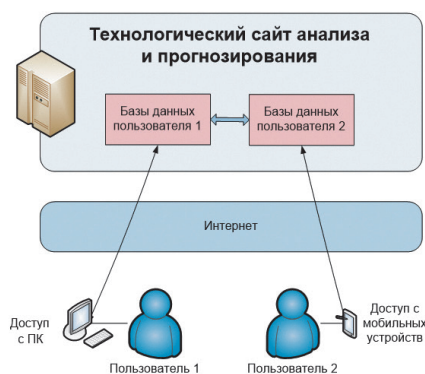


Рис. 1. Структура технологического сайта прогнозирования

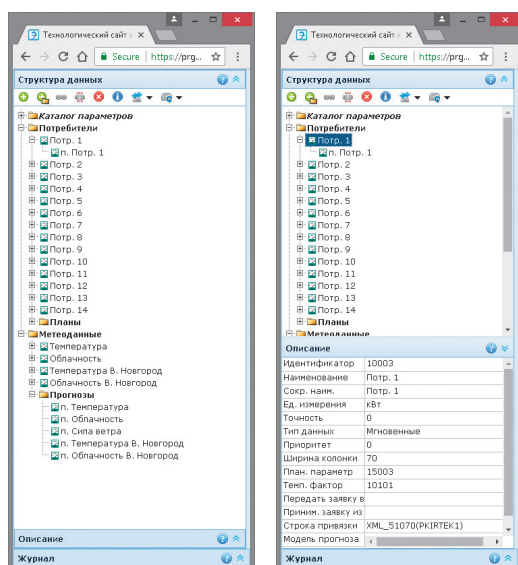


Рис. 2. Структура показателей электропотребления крупных потребителей и метеоданных

ЗАГРУЗКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

В базе данных технологического сайта организуется хранение и ведение многолетних архивов часовых суточных графиков потребления электроэнергии, в кВт·ч. При необходимости могут быть сформированы также показатели с мгновенными и осредненными значениями. Тип данных для показателя задается в настройках.

Загрузка данных в базу данных сайта возможна в ручном и автоматических режимах. В качестве источников данных могут использоваться:

- XML-макеты 51070, текстовые файлы CSV;
- Интернет-сайт метеоданных, с которого производится загрузка данных температуры и облачности (в процентах).

При необходимости возможна загрузка данных из других макетов и комплексов АСКУЭ.

Реализованы средства просмотра и коррекция загруженных суточных графиков за определенные сутки и за несколько суток (рис. 3). В таблице отображаются часовые и получасовые значения параметров, средние и суммы за сутки.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Средства статистического анализа позволяют проводить статистические исследования показателей базы данных, осуществить достоверизацию данных, поиск выбросов и нехарактерных значений. Расчеты производятся для выбранного временного интервала – от нескольких дней до нескольких лет, по определенным характерным дням недели, что позволяет выявлять определенные закономерности, тенденции. Реализован расчет:

- основных статистических характеристик – средних, дисперсий, среднеквадратичных отклонений, коэффициентов заполнения и неравномерности суточных графиков;
- приростов показателей по отношению к предшествующему периоду с учетом числа рабочих и выходных дней и приведением к одинаковым метеоусловиям;
- коэффициентов влияния метеофакторов на электропотребление и другие параметры.

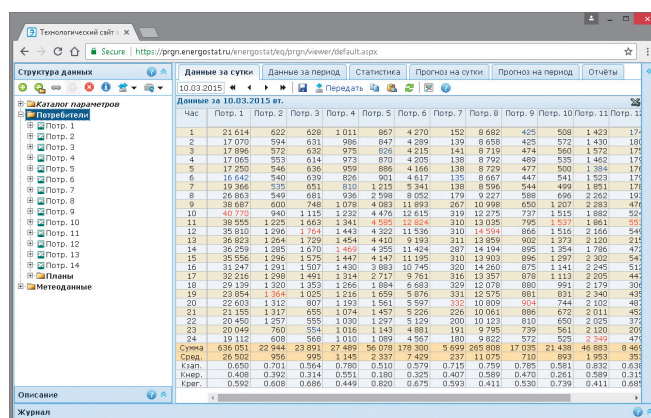


Рис. 3. Окно просмотра фактических суточных графиков

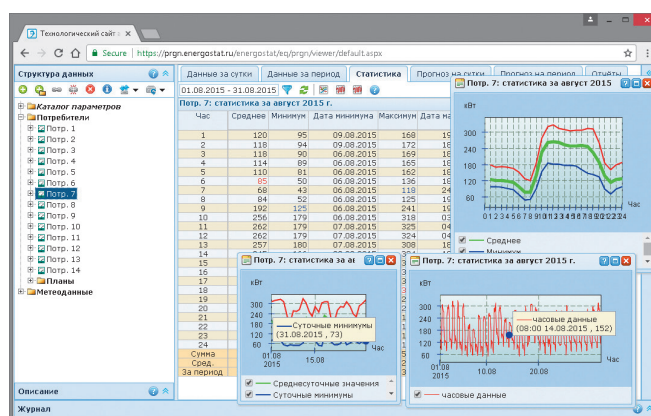


Рис. 4. Статистический анализ суточных графиков потребления

Сводка данных					?	✖
Параметр	Потребление		Температура			
	Значение	Примечание	Значение	Примечание		
Данные начинаются	01.01.1990		01.01.1990			
Данные заканчиваются	12.09.2013		04.09.2013			
Всего значений	433008		433008			
Всего нулевых значений	405855		404209			
Всего суток	9021		9021			
Всего нулевых суток	8461		8426			
Среднее	8444		5.9			
Минимум	0	09.02.1990	-31.9	08.01.1990		
Максимум	17251	16.12.2012	35.6	14.06.2001		
		18:30		21:00		
СКО	2412	28.56%	10.6			

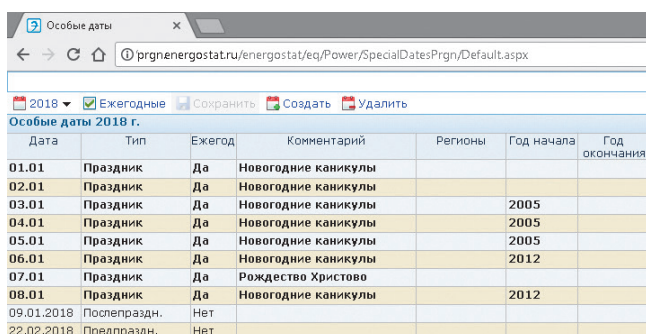
Рис. 5. Краткая статистическая сводка для показателей

Расчеты могут быть произведены как в целом для временного ряда, так и с разбивкой по часам суточного графика.

Результаты статистических почасовых расчетов выводятся в табличные и графические формы статистических коэффициентов, графики корреляционных и автокорреляционных функций, которые могут быть выведены на печать и экспортированы в Excel (рис. 4, 5).

Результаты отдельных типов расчетов формируются сразу в виде отчетных форм Excel, включающих рассчитанные данные и промежуточные результаты, представляющие интерес для анализа.

Для учета праздничных дней, переносов выходных и рабочих дней при статистическом анализе и прогнозировании реализованы средства хранения базы данных особых дат (рис. 6). Обновление базы производится ежегодно разработчиками сайта на основе утвержденного правительством производственного календаря. Также возможен учет особых дат, характерных для отдельных



Особые даты

← → ↻ ⌂ prgnenergostat.ru/energostat/eq/Power/SpecialDatesPrgn/Default.aspx

2018 Ежегодные Сохранить Создать Удалить

Особые даты 2018 г.

Дата	Тип	Ежегод	Комментарий	Регионы	Год начала	Год окончания
01.01	Праздник	Да	Новогодние каникулы			
02.01	Праздник	Да	Новогодние каникулы			
03.01	Праздник	Да	Новогодние каникулы			
04.01	Праздник	Да	Новогодние каникулы		2005	
05.01	Праздник	Да	Новогодние каникулы		2005	
06.01	Праздник	Да	Новогодние каникулы		2005	
07.01	Праздник	Да	Новогодние каникулы		2012	
08.01	Праздник	Да	Рождество Христово			
09.01.2018	Послепраздн.	Нет				
22.02.2018	Предпраздн.	Нет				

Рис. 6. Экранная форма для просмотра и коррекции особых дат

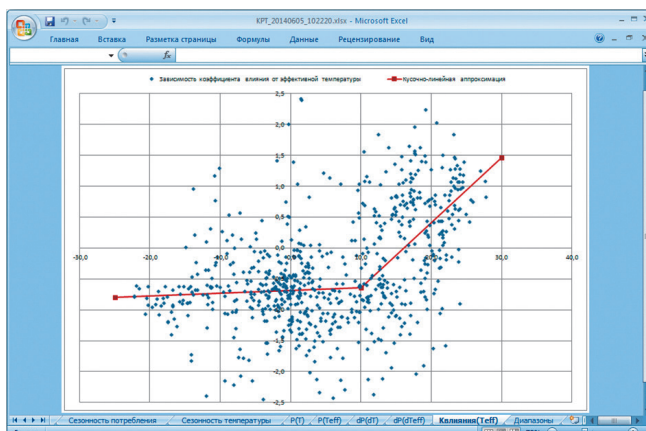


Рис. 7. Отчетная форма с графическими результатами расчета коэффициента влияния температуры на потребление

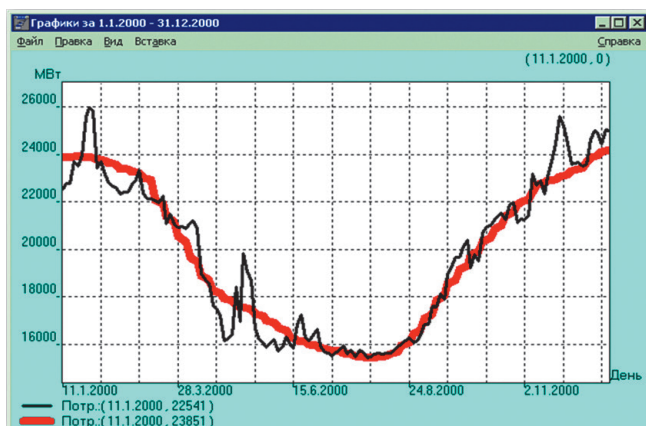


Рис. 8. Сезонная кривая потребления и фактические данные электропотребления

регионов, в т.ч. национальных праздников, которые могут дополняться непосредственно пользователями сайта.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕТЕОФАКТОРОВ

Существенное влияние на потребление оказывают метеорологические факторы – температура наружного воздуха, естественная освещенность, влажность, скорость ветра и другие. Все эти факторы в значительной мере определяют регулярные сезонные, суточные колебания потребления, а также отклонения от плановых величин. Влияние метеофакторов зависит от сезона и времени суток и, в послед-

ние годы, значительно усилилось вследствие увеличения доли коммунально-бытовой нагрузки [1].

Оценка влияния метеофакторов и учет указанных факторов при прогнозировании электропотребления позволяет значительно снижать ошибки прогнозирования. Для учета влияния температурного фактора на электропотребление реализованы средства расчета коэффициентов влияния температуры. Результаты расчета выводятся в виде специализированной отчетной формы, в которой приведены итоговые значения коэффициентов влияния по температурным диапазонам, а также промежуточные результаты расчетов в виде таблиц и графиков (рис. 7).

ПОДГОТОВКА РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ

При прогнозировании показателей применяется ряд статистических моделей, для которых необходимо точно учитывать характер внутрисезонных колебаний. В этом случае необходимы данные:

- минимум за 1 год для реализации моделей прогноза с небольшими требованиями по точности,
- минимум за 2–3 года, для обеспечения максимальной точности прогнозирования.

Процесс настройки моделей прогноза с учетом сезонности потребления требует расчета циклической сезонной компоненты — сезонной кривой (рис. 8) [1].

Для ряда показателей допустимо применение относительно простых моделей прогнозирования, например, предыдущего среднего дня, с использованием небольшого количества данных – до 1–2 месяцев. Эти модели могут применяться также при отсутствии достаточного объема фактических данных.

Возможен учет метеофакторов при прогнозировании – температуры и облачности. Учет температуры производится численными коэффициентами влияния, задаваемыми отдельно для отопительного и летнего сезонов. При учете влияния облачности используются данные географического расположения региона для определения моментов восхода и захода солнца.

Для обеспечения наиболее точного прогнозирования с использованием метода сезонных кривых и других методов требуется квалифицированный расчет и адаптация математических коэффициентов моделей прогноза. Такие расчеты производятся разработчиками сайта и включаются в стоимость услуг пользования сайтом.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

После настройки математических моделей и интерфейсных программных средств может быть осуществлен расчет прогнозов потребления. Результаты краткосрочного прогнозирования представляются в различных формах. На рис. 9 приведен пример формы прогнозирования на несколько суток.

После расчета прогнозных значений на указанный период времени возможна коррекция расчетных значений как для отдельных точек суточного графика, так и для средних и суммарных значений за сутки (с последующим автоматическим пересчетом всего суточного графика). Также возможна корректировка на определенные значения влияющих метеорологических факторов.

После проведения расчетов прогнозов они могут быть сохранены в плановые показатели базы данных (рис. 10) и отправлены как плановые заявки в другие организации.

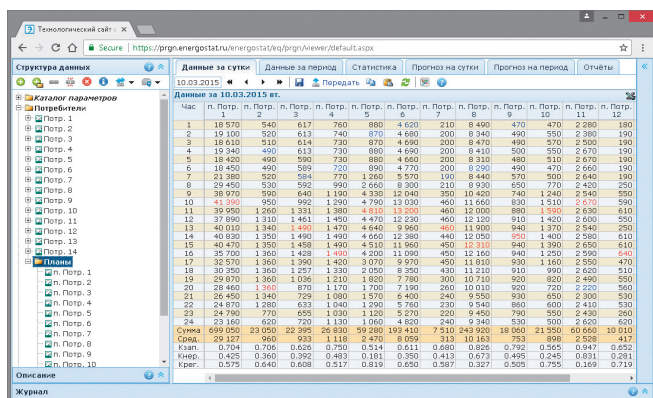


Рис. 9. Экранная форма прогнозирования на несколько суток

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАСЧЕТОВ

Точность прогнозирования во многом зависит характера колебаний показателя, а также от настройки модели прогноза. Для оценки ошибок прогнозирования существуют средства оценки точности расчетов. Обычно ошибки прогноза оцениваются по среднему значению относительной ошибки, среднему значению модуля ошибки, среднеквадратическому отклонению (СКО) и доверительному интервалу.

Дополнительно для оценки точности прогнозов потребления электроэнергии используется отклонение прогнозного суточного потребления электроэнергии от фактического в кВт·ч и в процентах – для каждого суток в отдельности и за определенный период (рис. 11).

По итогам эксплуатации показатели точности по энергокомпании соответствуют предъявляемым требованиям. По мере накопления статистических данных и изменения характера потребления производится уточнение математических расчетных моделей.

ФУНКЦИИ ЭКСПОРТА-ИМПОРТА ДАННЫХ

Реализованы средства экспорта архивов суточных графиков в формат CSV и обратной загрузки (импорта) в тот же или другой показатель.

Для обработки данных коммерческого учета в виде XML-макетов 51070, формируемых субъектами рынка, реализована загрузка указанных типов макетов в показатели базы данных.

Загрузка осуществляется как из одного выбранного макета, так и из группы макетов. Используя эти средства можно быстро сформировать архив данных по электропотреблению, например, загрузив пакет макетов 51070 с данными электропотребления субъекта за год.

ФОРМИРОВАНИЕ ОТЧЕТНЫХ ФОРМ И СРЕДСТВА ПЕЧАТИ

Программно-технологические средства комплекса позволяют формировать разнообразные отчетные формы, с использованием средств Microsoft Office (рис. 12). По типам отчеты можно разделить условно на группы:

- вывод архивов суточных графиков в отчетные формы, например, для обработки их средствами Excel;
- специализированные отчетные формы статистического анализа, например, формы расчета приростов с приведением к одинаковым метеоусловиям или форма расчета ко-

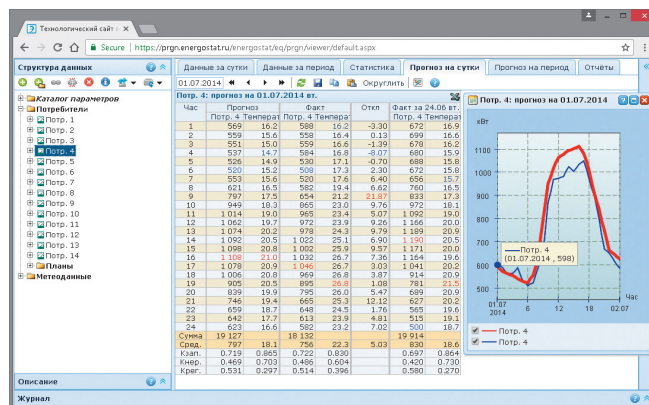


Рис. 10. Оценка точности прогноза за определенные сутки

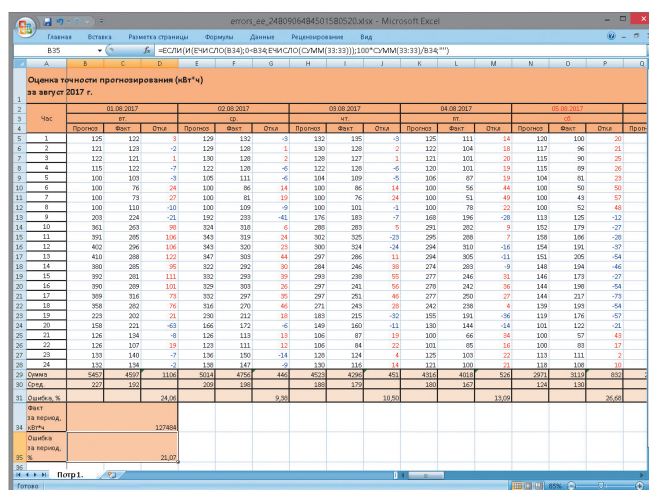


Рис. 11. Оценка точности прогноза за период

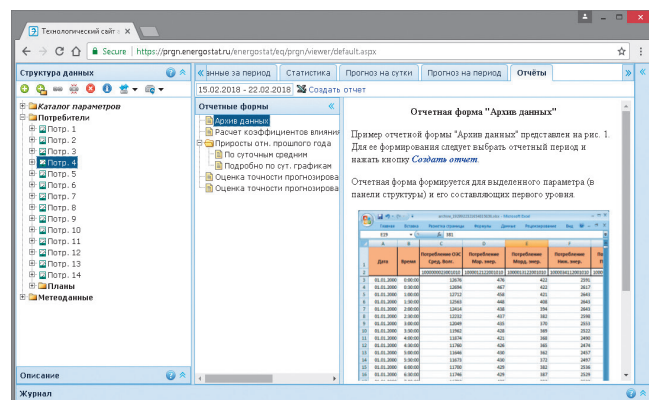


Рис. 12. Средства формирования отчетных форм на сайте

эффициентов влияния. В эти формы выводятся исходные данные, промежуточные вспомогательные результаты и итоговые расчетные коэффициенты в виде таблиц и графиков;

■ специализированные отчетные формы для оценки точности прогнозирования.

Фактические данные и результаты расчетов в таблицах и графиках технологического сайта могут быть выведены на печать:

- с помощью встроенных средств печати Web-браузера;
- с помощью средств печати Excel, куда таблицы и графики могут быть экспортированы средствами технологического сайта.

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Сайт прогнозирования сбытовой компании эксплуатируется в течение года. Серверная часть комплекса располагается на удаленном ЦОД. Работа пользователей производится на персональных компьютерах сбытовой компании в городе Санкт-Петербурге. Для повышения надежности обеспечивается круглосуточный доступ не только к основному, но и к резервному серверу технологического сайта, размещенному на аппаратной платформе другого ЦОД. Реализованы функции создания полных резервных копий базы данных с возможностью сохранения на клиентском месте. Восстановление данных из резервной копии возможно как на основном, так и на резервном серверах.

Потребление прогнозируется по 14 крупным потребителям, имеющим различный характер колебаний электропотребления. Загрузка данных потребления электроэнергии за предшествующие дни производится из XML-макетов 51070 непосредственно перед прогнозированием. Все объекты прогнозирования привязаны к метеоданным двух точек – Санкт-Петербурга и Великого Новгорода. Загрузка фактических данных температуры и облачности производится автоматически с Интернет-сайта метеоданных. Загрузка прогнозных метеоданных производится пользователем перед прогнозированием вручную на основании анализа прогнозов различных метеосайтов. Расчеты обычно производятся ежесуточно по рабочим дням, в некоторых случаях в

выходные и праздничные дни. В процессе эксплуатации осуществляется техподдержка комплекса. По результатам оценки точности прогнозирования периодически производились корректировки настроек математических моделей прогноза некоторых компонент, а также доработка отчетных форм.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Макоклюев Б.И.* Анализ и планирование электропотребления. – М.: Энергоатомиздат, 2008, 296 стр.
2. *Полижаров А.С., Антонов А.В., Алла Э.А., Зеленохат О.Н.* Опыт разработки и внедрения иерархической системы прогнозирования электропотребления (ИСП) СО ЕЭС // Энергоэксперт. 2010. №6. С.64-66.
3. *Makoklyuev B.I., Polizharov A.S., Antonov A.V.* Methods and instruments for power consumption forecasting in electric power companies // 5th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, 2015 – P. 268 – 271.
4. *Макоклюев Б.И., Полижаров А.С., Антонов А.В.* Технология обработки данных режимных параметров и технико-экономических показателей на основе облачных компьютерных технологий. Сборник научных статей. Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: Вып. 66. Актуальные проблемы надежности систем энергетики / отв. ред. Н.И. Воропай, М.А. Короткевич, А.А. Михалевич. – Минск: БНТУ, 2015, – 454 с.
5. Интернет-сайт www.energostat.ru.



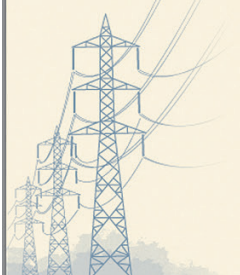
ПРОГРАММНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ



Мы предлагаем решения

для задач прогнозирования и планирования технико-экономических показателей энергокомпаний.

Нашими разработками оснащены около 100 энергокомпаний России.



Анализ и планирование суточных графиков потребления и балансов

 Средства анализа, прогнозирования и планирования суточных графиков потребления и составляющих баланса мощности и электроэнергии. Достоверизация данных. Учёт влияния метеофакторов.

Технологический сайт

 Средства корпоративного сайта для анализа и прогнозирования данных.

Макеты 80020

 Обработка и анализ данных XML макетов 80020 (80040).

Коммерческий учет электроэнергии

 Сбор, хранение и анализ данных систем АСКУЭ. Расчет суммарных показателей балансов с учетом состояния ОБ. Контроль и достоверизация данных. Обработка XML-макетов 80020, 51070 и других в соответствии с регламентами рынка.

Интеграционные проекты

 Формирование иерархических систем обработки данных для крупных энергокомпаний. Обмен информацией с использованием Интернет или корпоративных средств. Интегрирование данных филиалов и подразделений.

www.energostat.ru
+7(495)796-46-88
info@energostat.ru