

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ

А.С. Пешков, Д.С. Корякин (ВоГУ)

Предложено решение задачи повышения эффективности управления энергетическими ресурсами, используемыми теплогенераторными станциями, в соответствии со схемой существующего изменения температуры воздуха окружающей среды и статистики. Такой подход позволяет использовать структуру управления, сопряженную с финансовым планированием.

Ключевые слова: энергетика, энергетические ресурсы, управление, автоматизация, повышение эффективности, прогнозирование, теплогенераторные станции.

Проблема управления энергетическими ресурсами

При производстве тепловой энергии на теплогенераторных станциях важно учитывать вопросы управления энергетическими ресурсами. Это инженерная проблема, решающая обеспечение жизнедеятельности населения, а также улучшающая технико-экономические показатели объекта электроэнергетики.

В настоящее время наблюдается целый ряд проблем, связанных с переплатой, недостатком ресурсов и неудовлетворительной системой снабжения потребителей необходимым ресурсом. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» № 261-ФЗ от 23.11.2009 г. учитывает необходимость экономии ресурсов и средств хозяйствующих субъектов.

Таким образом, исследование по разработке управления снабжением энергетическими ресурсами представляется актуальным.

Схема управления снабжением энергетическими ресурсами

Обобщенная схема теплоснабжения и горячего водоснабжения (ТГВС) представлена на рис. 1. Имеются производитель ресурса, система транспортировки ресурса и потребитель. Система транспортировки теплоносителя состоит из магистральных трубопроводов и трубопроводов — отводов.

Система ТГВС в соответствии с теорией автоматического управления может быть отнесена к разомкнутым системам управления. Системы такого типа не обеспечивают качественного регулирования и обладают следующими недостатками:

- неэффективность в использовании ресурсов обеспечения существования системы;
- низкая точность работы;
- отсутствие реакции на внешние возмущающие воздействия.

В ряде случаев такие схемы вообще могут быть неработоспособны и не могут быть использованы для управления.

Целью задачи управления теплогенераторной станцией является повышение технико-экономической эффективности предприятия. При использовании четкого тарифа возникает ситуация, когда оплата одинакова независимо от изменения температуры воздуха окружающей среды.



Рис. 1. Обобщенная схема ТГВС



Рис. 2. Структурная схема управления в общем виде

Рациональным является полная автоматизация производства теплоснабжения для устранения усредненного тарифа.

Структурная схема управления объектом в общем виде представлена на рис. 2.

В такой системе:

$$Y = (X, f), \quad (1)$$

где Y — выходная величина; X — входная величина; f — внешнее воздействие.

Из данной структурной схемы следует, что все объекты управления генерируют и потребляют что-либо.

Структурная схема управления применительно к системе управления снабжением энергетическими ресурсами представлена на рис. 3. Входными величинами являются: электроэнергия, топливо, теплоноситель. Выходная величина — генерируемый ресурс, который на выходе генератора и на входе у потребителя различен за счет потерь, возникающих из-за значительной длины тепловых сетей.

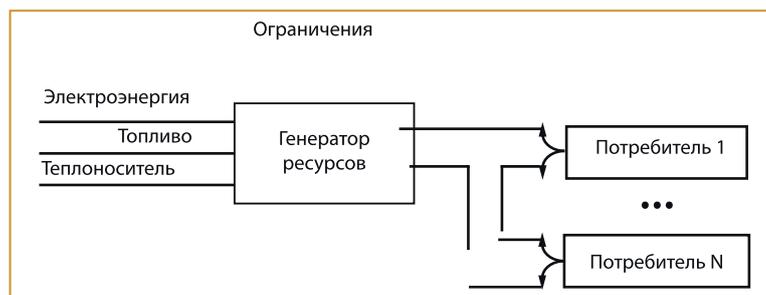


Рис. 3. Структурная схема управления снабжением энергетическими ресурсами

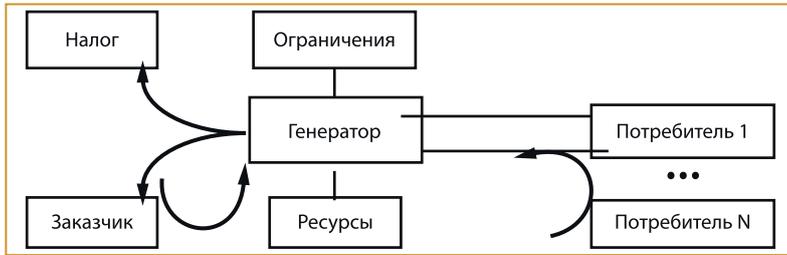


Рис. 4. Схема снабжения и обмена ресурсами

Главным недостатком такой системы управления является отсутствие обратной связи, то есть зависимости между температурой окружающей среды и количеством вырабатываемого ресурса.

В общем виде генератор является объектом, производящим ресурсы. Данный объект находится в среде, являющейся потребителем ресурсов, генерируемых объектом. Объект производит ресурсы за счет средств и ресурсов, предоставляемых средой, а также за счет своих внутренних ресурсов. Будем различать ресурсы воспроизводства, идущие на поддержание объекта в работоспособном состоянии, и ресурсы внутреннего потребления — это все иные ресурсы, генерируемые и используемые внутри объекта и необходимые для его функционирования.

Цель объекта — производство ресурсов в соответствии с потреблением среды при ограничении на воспроизводство.

Все выше изложенное обобщено в стратегии управления объектом, включающей управляющее взаимодействие, которое позволило бы максимально использовать собственные и предоставленные средой ресурсы. Также стратегия предусматривает способности объекта и среды использовать генерируемые ресурсы таким образом, чтобы максимально удовлетворять требованиям среды. На деятельность объекта

также накладываются разные параметрические ограничения. Схема снабжения и обмена ресурсами такого объекта представлена на рис. 4.

Для решения поставленной задачи выделены следующие ключевые характеристики схемы снабжения и обмена ресурсами: финансовые потоки, технологические потоки, организационные связи, структурная подчиненность.

Среда с потреблением ресурсов осуществляет возврат ресурсов в систему для восстановления плана. В общем случае возврат происходит со скоростью потребления плана. Требования к ресурсу, передаваемому от среды, с позиции среды: затраты должны быть минимальными, а качество ресурса должно удовлетворять объект [4].

Объект потребляет ресурсы и для поддержания своей деятельности. Поэтому возвращаемый средой ресурс должен превышать затраты объекта на воспроизводство ресурсного плана, причем превышение должно обеспечить затраты системы на функционирование и развитие, иначе объект погибает.

Таким образом схема управления исследуемым объектом должна быть дополнена обратной связью (рис. 5). В такой системе будет осуществляться передача необходимого количества ресурсов потребителю. Генератор может получить данные от распределителя и сформировать план по производству требуемого ресурса. От потребителей осуществляется возврат ресурсов для восстановления плана генерации.

С целью поддержания непрерывности генерации и поглощения ресурсов средой в системе должен находиться некоторый резерв, который используется для поддержания плана на время генерации ресурсов, при этом возникает задача нахождения уровня накопления, при котором затраты системы на формирование плана минимизируются. Затраты на хранение резерва минимизируются при ограничении на мощность потребляемого ресурса и мощности генератора. Генерируемый и потребляемый ресурсы — разные, так как существует временная задержка поступления тепла из-за длины трубопровода, его качества.

Для решения этой проблемы выбран метод, состоящий из следующих шагов [1, 3]:

1) накопление данных об изменении температуры воздуха окружающей среды, влияющей на потребление средой ресурсов, за некоторый квант времени;

2) ввод в систему накопленных данных и данных о параметрах системы;

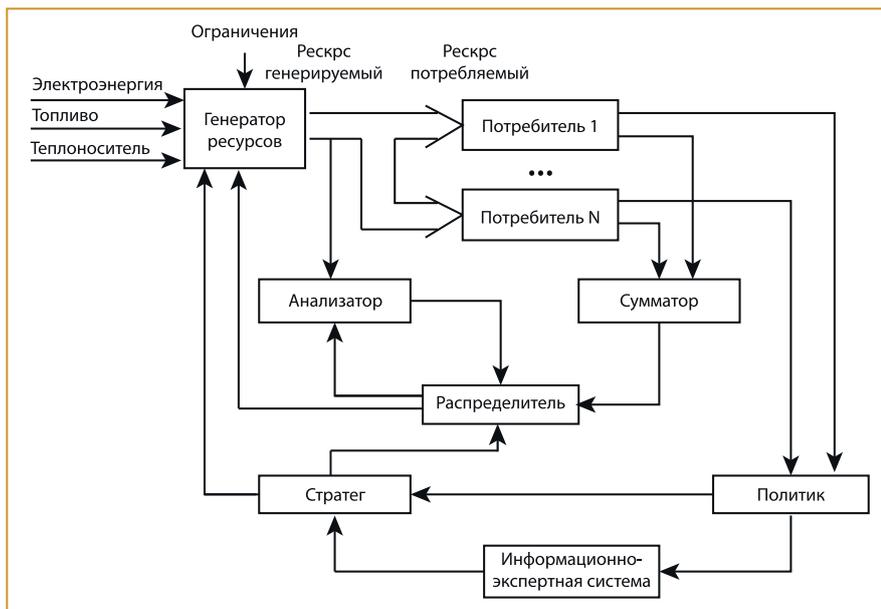


Рис.5. Схема управления снабжением энергетическими ресурсами с обратной связью

- 3) сглаживание полученного ряда наблюдений;
- 4) формирование нового ряда и его аппроксимация;
- 5) прогнозирование и экстраполяция;
- 6) построение модели снабжения энергетическими ресурсами.
- 7) накопление данных об изменении температуры воздуха окружающей среды, влияющей на потребление средой ресурсов, за некоторый квант времени;
- 8) ввод в систему накопленных данных и данных о параметрах системы;
- 9) сглаживание полученного ряда наблюдений;
- 10) формирование нового ряда и его аппроксимация;
- 11) прогнозирование и экстраполяция;
- 12) построение модели снабжения энергетическими ресурсами.

Подсистема прогнозирования

Для решения задачи прогнозирования температуры окружающей среды в рамках управления производством тепловой энергии на теплогенераторных станциях и финансирования энергоресурсов был выбран фактографический метод. Точность прогнозирования при этом обеспечивается за счет предоставления подсистеме прогнозирования исходных данных о температуре окружающей среды за прошедшие периоды времени.

Таким образом, работа подсистемы прогнозирования представляет собой следующие действия:

- 1) получение накопленного массива данных о температуре окружающей среды за некоторый период времени;
- 2) сглаживание полученного временного ряда наблюдений;
- 3) аппроксимация и формирование нового ряда;
- 4) прогнозирование и экстраполяция.

Большинство регулярных составляющих временных рядов являются либо трендом, либо сезонной составляющей. Тренд — общая систематическая линейная или нелинейная компонента, которая может изменяться во времени. Сезонная составляющая — это периодически повторяющаяся компонента [5].

В модели временного ряда температуры воздуха окружающей среды учитывается следующее:

- 1) длительность наблюдения данных — от 1 г;
- 2) промежутки наблюдения данных — 1 сут. или 1 мес.;
- 3) присутствует сезонная составляющая: повышение температуры в летние периоды времени и понижение температуры в зимние периоды.

Авторами выбран метод, учитывающий аддитивный и мультипликативный тренды и сезонность — модели Хольта, Хольта-Уинтерса и Тейла-Вейджа. Для решения задачи прогнозирования использовалось экспоненциальное сглаживание по модели Хольта-Уинтерса.

Использование метода экспоненциального сглаживания ставит новую проблему: результаты про-

гнозирования зависят от выбора коэффициентов сглаживания (α для простого экспоненциального сглаживания и α, β, γ для экспоненциального сглаживания по модели Хольта-Уинтерса).

Коэффициенты сглаживания невозможно выбрать на основе одних лишь исходных данных временного ряда.

Поэтому для оценки качества прогнозов применяют специальные статистические методы [2].

К простейшим статистикам качества прогнозов относятся:

- 1) средняя абсолютная процентная ошибка (Mean Absolute Percentage Error — MAPE);
- 2) средняя абсолютная ошибка (Mean Absolute Error — MAE);
- 3) корень квадратный из средней квадратичной ошибки прогнозирования (Root Mean Squared Error — RMSE).

Средняя абсолютная процентная ошибка прогнозирования является абсолютной мерой качества прогнозов в том смысле, что позволяет оценить его независимо от других прогнозов: достаточно выбрать некий уровень средней ошибки (например, 5%) и сравнивать рассчитанное по статистике значение с этим тестовым уровнем. Если расчетное значение меньше тестового, то прогноз считается хорошим, если больше — плохим.

Две другие меры качества прогнозов (MAE и RMSE) являются относительными, то есть могут быть использованы для сравнения двух (или более) различных прогнозов одного и того же показателя между собой: лучшим считается тот прогноз, у которого значение MAE или RMSE меньше. При этом, очевидно, этот лучший прогноз может быть хорошим или плохим с точки зрения MAPE.

Главными достоинствами этих трех показателей качества является простота их расчета и независимость от свойств ошибок прогнозирования, главным недостатком — невозможность получить ответ на вопрос о том, являются ли два прогноза показателя разными со статистической точки зрения.

Кроме того, обычно все эти показатели не противоречат друг другу, то есть при их использовании лучшим будет выбран один и тот же прогноз, однако наиболее часто для сравнения прогнозов используется подход, предполагающий расчет RMSE.

Структура управления снабжением энергетическими ресурсами с обратной связью реализована в программном пакете, выполняющем прогноз температуры окружающей среды и на его основе рассчитывающем затраты энергетических ресурсов при производстве тепловой энергии теплогенераторными станциями.

Составление прогноза температуры окружающей среды осуществляется на основе введенных в программу значений температуры за прошедшие периоды времени с применением выбранных методов прогнозирования.

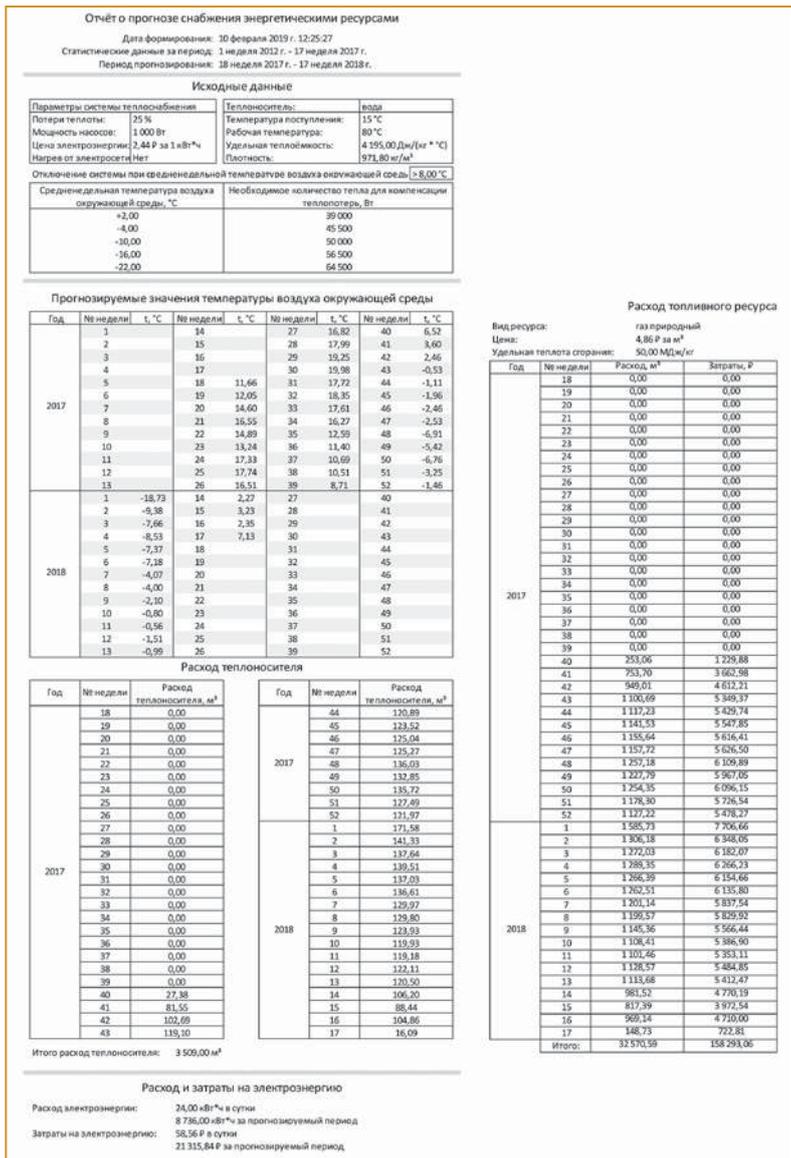


Рис. 6. Пример отчета, сформированного в подсистеме прогнозирования

ратура, которую необходимо поддерживать в системе для передачи тепловой энергии потребителям; удельная теплоемкость при рабочей температуре; плотность при рабочей температуре;

5) параметры используемого для нагрева теплоносителя топлива: стоимость за единицу измерения; удельная теплота сгорания.

Работа программы прогнозирования заключается в анализе исходных данных о температуре воздуха окружающей среды и входных параметров, составлении прогноза расхода ресурсов и их стоимости и предоставлении этой информации пользователю в удобном виде.

Таким образом, работа программы состоит из следующих шагов:

- 1) получение накопленных за некоторый период времени данных о температуре воздуха окружающей среды;
- 2) составление прогноза температуры воздуха окружающей среды на будущие периоды времени;
- 3) получение входных данных о системе;
- 4) составление прогноза потребления ресурсов системой;
- 5) построение и сохранение отчета (рис. 6).

Заключение

Разработанный продукт функционирует в операционной системе Windows и предоставляет пользователю простой и удобный интерфейс для решения задачи прогнозирования потребляемых теплогенераторной системой энергетических ресурсов и финансовых затрат.

Список литературы

1. Анкуда С.Н. Построение детерминированных и стохастических моделей технологических процессов // Прогрессивні технології і системи машинобудування. 2014. № 3 (49). С. 3-9.
2. Турунцева, М.Ю. Оценка качества прогнозов: простейшие методы // Российское предпринимательство. 2011. № 8-1 (189). С. 50-56.
3. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. - СПб.: Питер, 2003. - 688 с., ил.
4. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике: Учеб. для вузов / Под ред. В.С.Зарубина, А.П. Крищенко. 2-е изд., стереотип. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана. 2003. 496 с. (Сер. математика в техническом университете; Вып. XXI, заключительный).
5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. 7-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2001. 575 с., ил.

Пешков Александр Станиславович – канд. техн. наук, доц., каф. «АВТ»,
 Корякин Дмитрий Сергеевич – магистр Вологодского государственного университета.

E-mail: gasproject@mail.ru

Контактный телефон (921) 236-02-57.