

*Немцев М.А.,
студент магистратуры*

*2 курс, кафедры «Системы автоматизированного проектирования и
поискового конструирования»*

Волгоградский государственный технический университет

*Гребнев В.И.,
студент магистратуры*

*2 курс, кафедры «Фундаментальной информатики и
оптимального управления»*

Волгоградский государственный университет

*Научный руководитель: Тюков Антон Павлович,
кандидат технических наук*

*доцент кафедры «Системы автоматизированного проектирования и
поискового конструирования»*

Волгоградский государственный технический университет

Россия, г. Волгоград

**МЕТОД ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ
СЕБЕСТОИМОСТИ ПРОДУКЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДАННЫХ
ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ**

***Аннотация:** В данной статье представлено описание метода поддержки принятия решений, направленного на снижение себестоимости продукции, основываясь на данных энергопотребления производственного предприятия «Альтернатива-Волга».*

***Ключевые слова:** энергетика, энергетическая эффективность, снижение себестоимости, поддержка принятия решений, анализ данных.*

***Annotation:** This article describes the decision support method for reducing production costs based on energy consumption data of the “Alternative-Volga” production enterprise.*

***Key words:** power engineering, energy efficiency, cost reduction, decision support, data analysis.*

Во многих сферах деятельности, на производственных предприятиях, существует проблема высокой конкуренции, что приводит к стремлению снижения себестоимости производимой продукции. Себестоимость продукции складывается из следующих параметров: затрат, связанных с использованием в процессе производства основных средств, сырья, материалов, труда работников, топлива и энергии, прочих затрат.

При производстве продукции, в зависимости от бизнес-процесса, может расходоваться до 40% на потребление энергоресурсов [1].

Неэффективное потребление энергоресурсов с использованием оборудования приводит к энергетическим потерям, что создает запрос в нахождении источников неоптимальных затрат [2].

Разрабатываемый метод направлен на снижение себестоимости продукции за счет анализа и визуализации данных о цифровой тени производства, базирующейся на данных об энергопотреблении, при этом не требуя дополнительных инвестиций, либо указывать на место, где необходимо провести энергосервисные мероприятия.

Сформируем основную гипотезу исследования: с помощью статистического анализа данных об энергопотреблении предприятия и инструментов визуализации можно существенно сократить время на поиск бизнес-процесса, отвечающего за неоптимальное потребление.

Входные данные для проверки гипотезы: энергопотребление, собираемое в автоматическом режиме со счетчиков с 01.09.2018 по 31.03.2020, измеряемое в кВтч с периодичностью 15 минут.

Выходные данные для проверки гипотезы: массив потерь энергопотребления с 01.09.2018 по 31.03.2020, измеряемого в кВтч с периодичностью 15 минут.

Опишем алгоритм выявления неоптимальных источников потребления в виде таблицы 1.

Таблица 1.

Описание алгоритма решения

Действие	Ожидаемый результат
1. Загружаем из базы данных массив исторических значений, являющийся входными данными. Обозначим P_{hd} .	Входные данные.
2. Сгруппируем данные P_{hd} по дням недели и найдем средние значения величин из этого массива за каждые 15 минут в течении дня для каждого дня недели. Обозначим P_{means} .	Массив средних значений потребления 7×96 , таким образом сформировав базовую линию потребления, с которой можно проводить сравнения.
3. Из каждого значения P_{hd} вычтем значение P_{means} соответствующее по часу, минуте и дню недели. Обозначим получившийся массив как D_{hd} .	Массив исторических разниц между текущим потреблением объекта и типовым потреблением в каждый отрезок времени
4. Выделим только положительные значения массива D_{hd} и найдем	Массив средних значений разниц потребления 7×96 , таким образом сформировав базовую линию разниц

<p>средние значения за каждые 15 минут в течении дня для каждого дня недели. Обозначим D_{means}.</p>	<p>потребления, с которой можно проводить сравнения</p>
<p>5. Выберем случайный месяц значений из D_{hd} и вычтем значение D_{means} соответствующее по часу, минуте и дню недели. Обозначим получившийся массив как D_{loss}. Все получившиеся отрицательные значения приравниваем к нулю, так как не существует задачи определить сохраненную энергию.</p>	<p>Массив потерь энергопотребления за выбранный месяц</p>

Получившиеся в результате работы данные необходимо визуализировать для представления конечному пользователю. Воспользуемся для этого графиком загруженности, представленном на рисунке 1, где на оси абсцисс расположено время, на оси ординат – дни (с 01.09.2018 по 28.09.2018), а на оси аппликат, которая выделена цветом для понятного представления – потери. Зеленым цветом выделено потребление

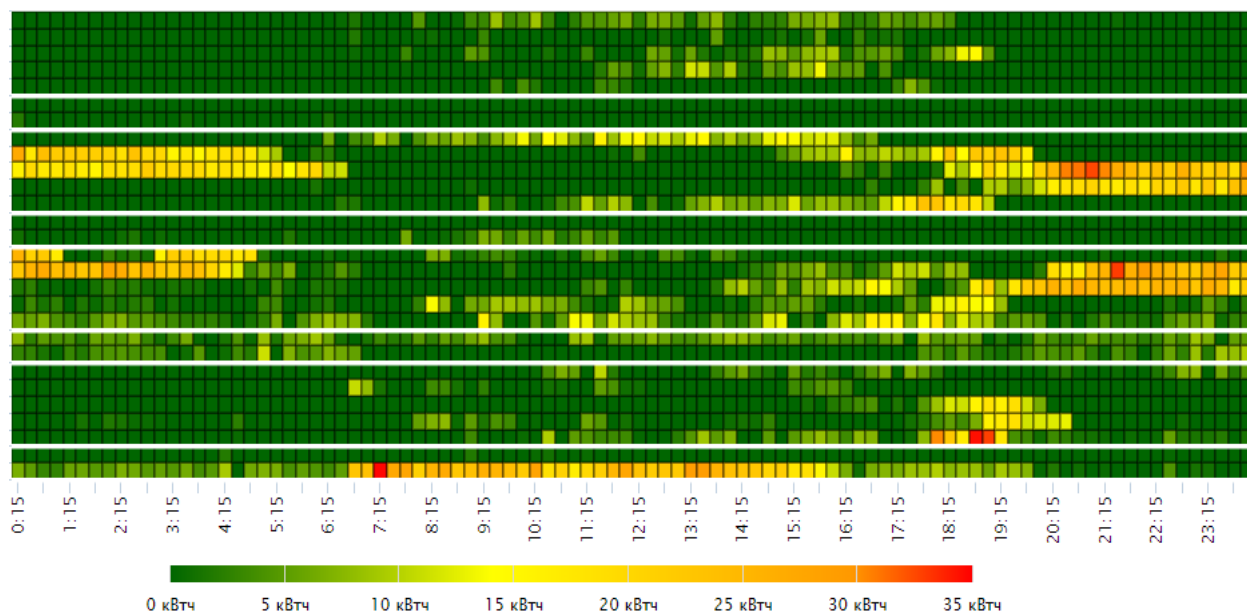


Рисунок 1 – Полное потребление. Потери

Классифицируем получившиеся потери и оценим их величину. Выделим родительские классы, основываясь на знании режима работы завода – будние дни недели с 7:30 по 16:30:

1. Потери в рабочее время
2. Потери в нерабочее время
3. Потери в выходные дни

Для определения дочерних классов воспользуемся основанной на плотности пространственной кластеризацией DBSCAN [3].

Входными данными для реализации алгоритма кластеризации являются: массив потерь за месяц с периодичностью 15 минут, максимальная разница между соседними элементами массива, минимальное число соседних элементов, необходимых для формирования кластера.

Для примера использования кластеризации возьмем нерабочее время завода. Построим график потерь в нерабочее время на рисунке 2.

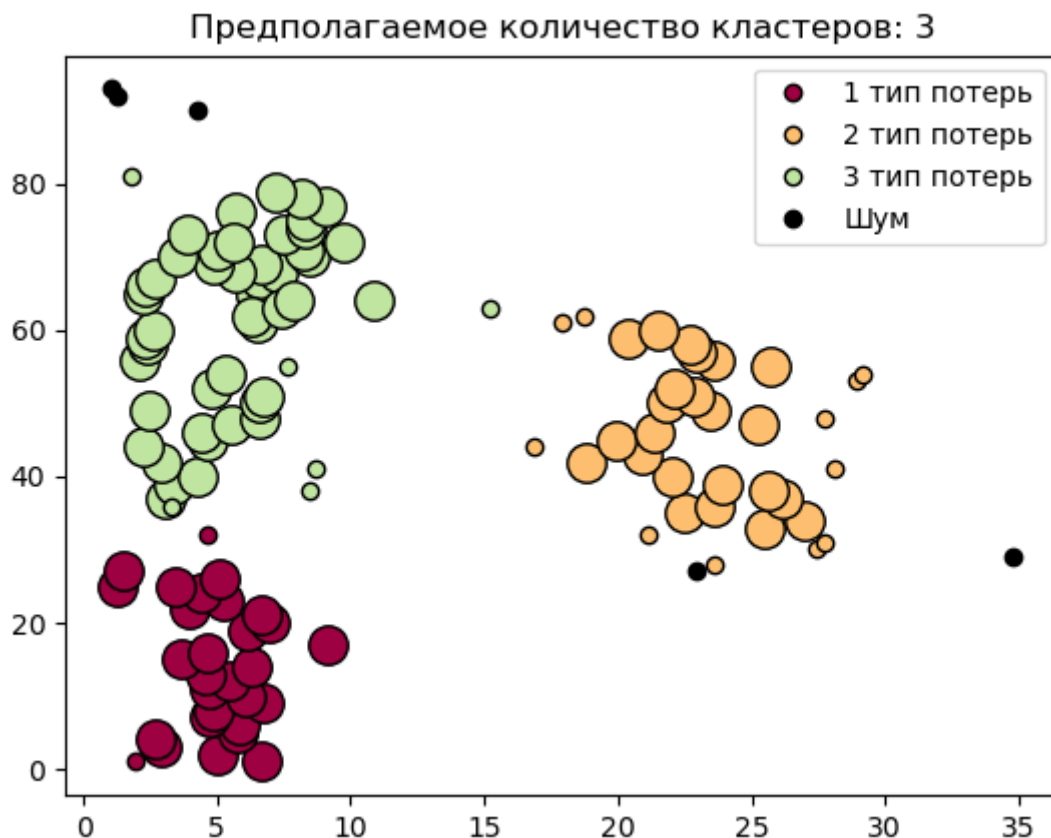


Рисунок 2 – Полное потребление. Потери в нерабочее время

Потребление 1 типа потерь равно 134,26 кВтч, примерная стоимость потерь равна 1074,06 руб. Тариф на электроэнергию берем 8 руб по согласованию с руководством завода.

Потребление 2 типа потерь равно 526,6 кВтч, примерная стоимость потерь равна 4236,8 руб.

Потребление 3 типа потерь равно 254,64 кВтч, примерная стоимость потерь равна 2037,15 руб.

Суммарное потраченное потребление равно 918,5 кВтч, примерная суммарная стоимость равна 7348 руб.

Таким образом, разработанный метод поддержки принятия решений позволяет держателю процесса производства, заинтересованному в оптимизации работы завода, получать информацию о величине потерь энергопотребления, относительно базовой средней линии потребления, а также сколько эти потери стоили.

Список использованных источников:

1. Чалдаева, Л.А. Экономика предприятия: учебник для бакалавров / Л.А. Чалдаева.— 3-е изд., перераб. и доп.— М.: Юрайт, 2013.— 411 с.
1. Мещерякова Т.С. Анализ энергозатрат промышленных предприятий в современных условиях / Т.С. Мещерякова // Энергосбережение – 2015 – № 4 - С. 36-41.
2. Emilio L.C., Javier M.M., Ermolieva T., Timonov A.V., Yermoliev Y.A strategic decision support system framework for energy-efficient technology investments // TOP, 2017, no.25, pp. 249-270.
3. Библиотека программиста. [Электронный ресурс]. URL: <https://proglib.io/p/unsupervised-ml-with-python/> (дата обращения: 28.05.2020)
4. Shcherbakov M., Shcherbakova N., Brebels A., Janovsky T., Kamaev V., Lean Data Science Research Life Cycle: A Concept for Data Analysis Software Development // Knowledge-Based Software Engineering Communications in Computer and Information Science Volume 466, 2014, pp 708-716
5. Щербаков М. В. Интеллектуальная поддержка при принятии управленческих решений в цикле постоянного улучшения: дис. ... доктора технических наук: 05.13.04 / Волгоградский государственный технический университет. – Волгоград, 2014. – 333 с.