

**Решение кейса:
разработка принципов развития зарядной инфраструктуры для
электрических автомобилей в Москве**

Команда: Serena SK

Состав команды:



Акимов
Дмитрий



Маньков
Кирилл



Ручкина
Анастасия

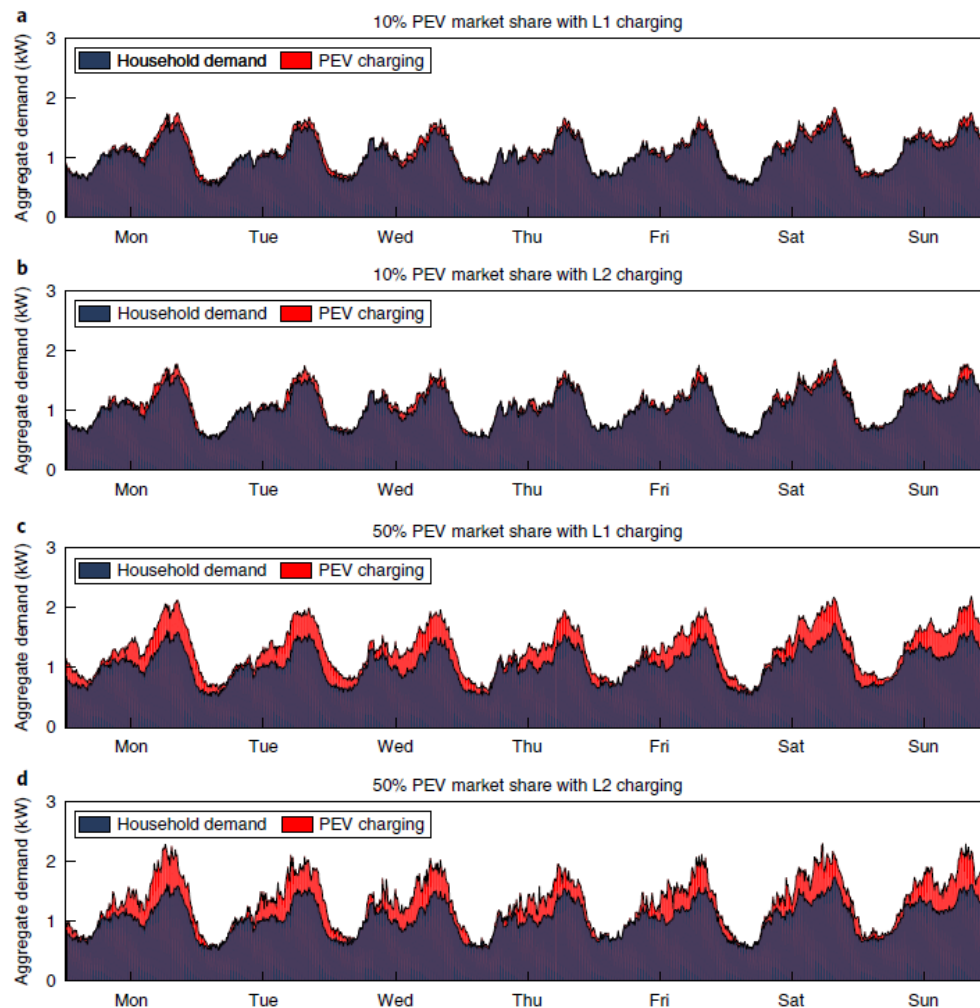


Фалалеев
Михаил



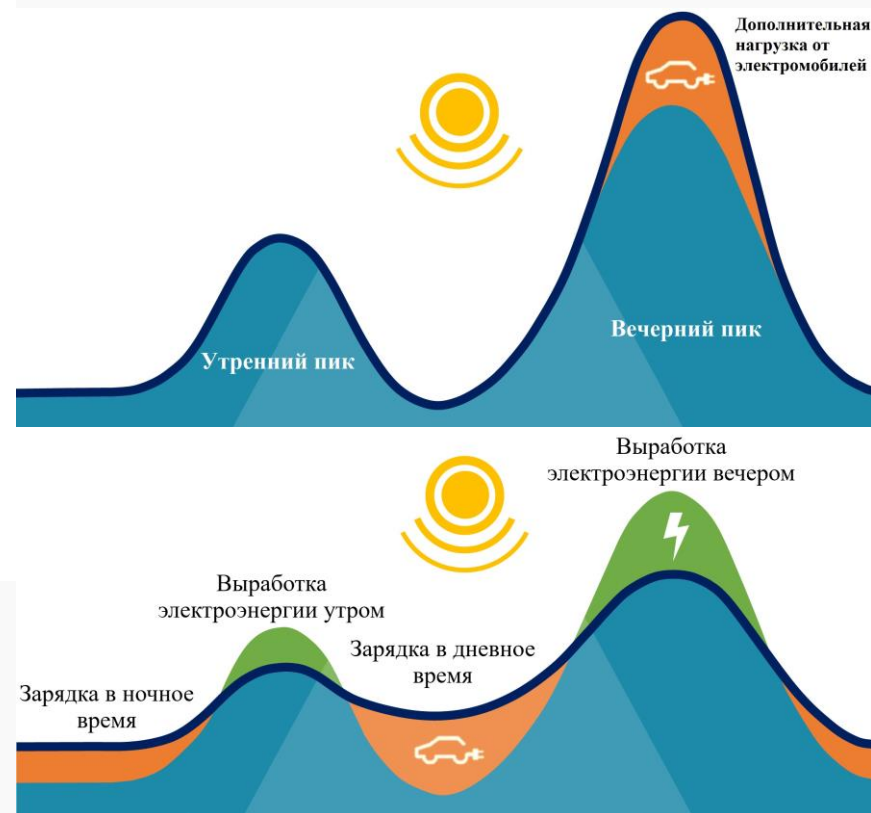
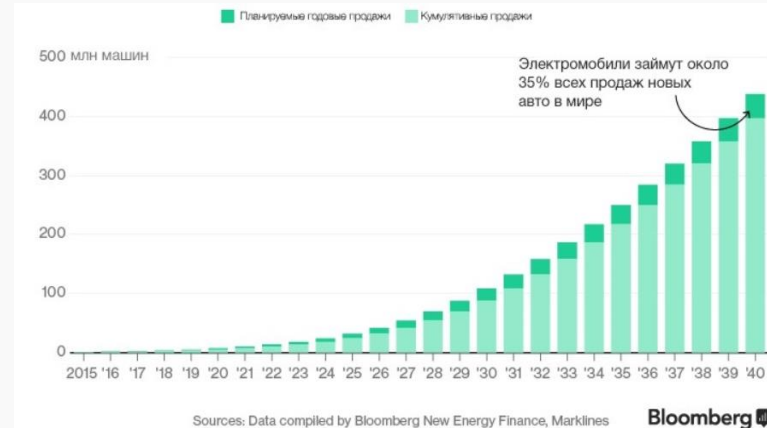
Шкитина
Наталья

1 Проблема, постановка задачи

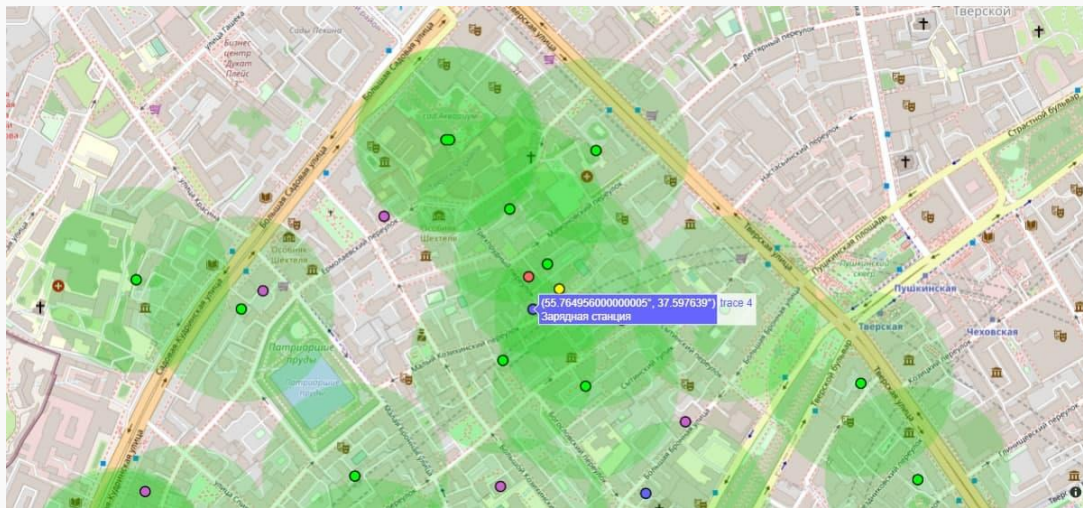
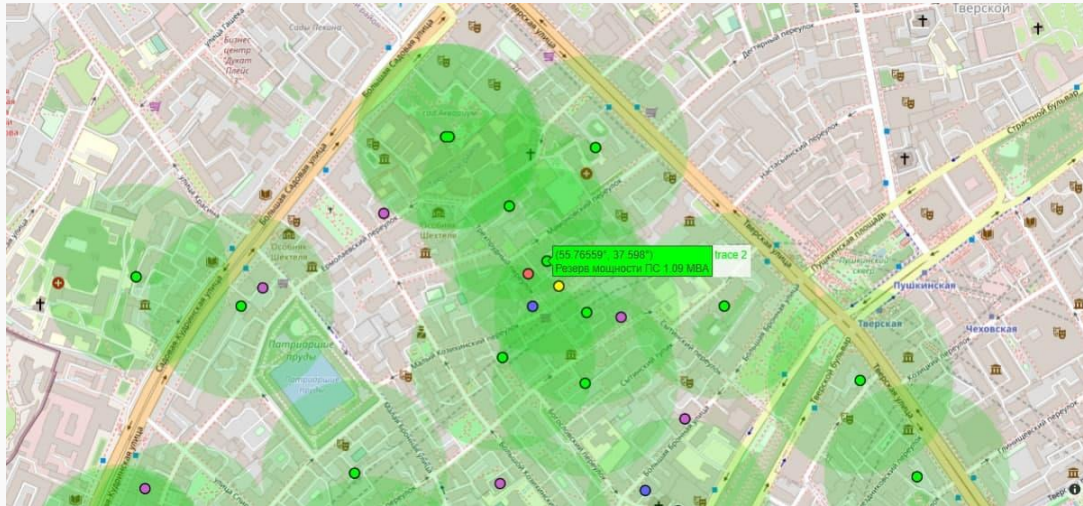


Изменение нагрузки (в кВт) с увеличением числа электромобилей

(Источник: M. Muratori "Impact of uncoordinated plug-in electric vehicle charging of residential power demand" Nature Energy, 2018)



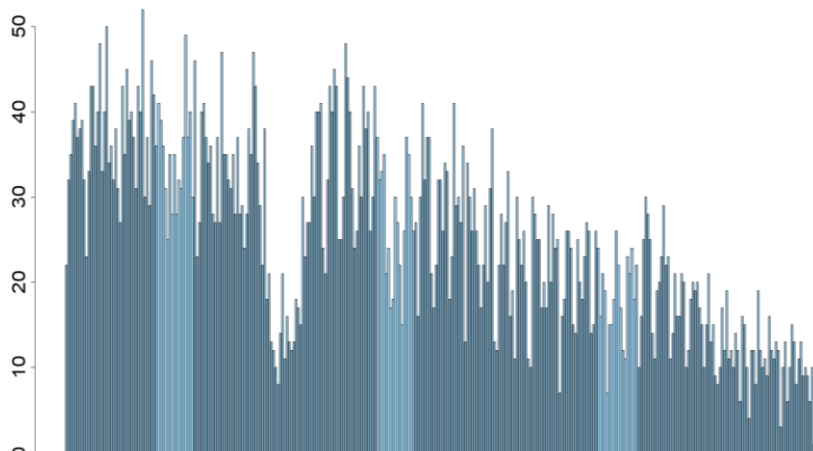
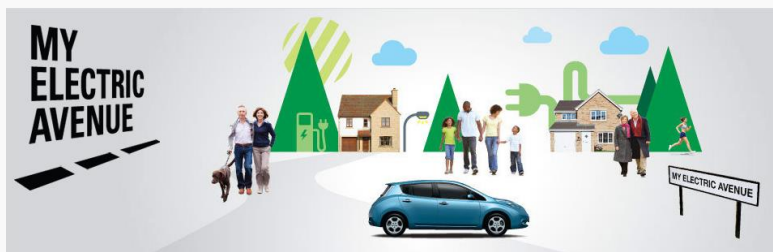
2 Размещение зарядных станций: используемые данные



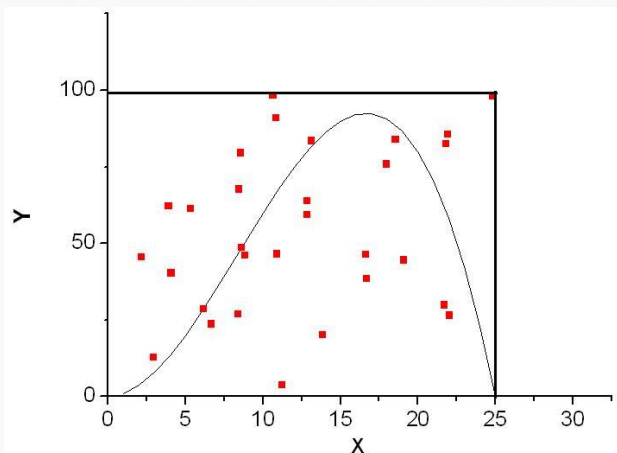
Способ размещения зарядных станций с учетом резерва мощности и близости ТП

- Количество э/м в расчётном районе в расчётное время суток (данные сотовых операторов);
- Расстояние до соседней зарядной станции (< 100 км);
- Расстояние до питающей подстанции (длина кабелей);
- Резервы мощности ПС в районе;
 - Перечень объектов, рекомендованных к установке зарядных станций;
- Уже существующие зарядные станции и места, где они будут установлены в будущем;
 - Разделение на жилые и общественно-деловые пространства

3 Данные и методы, используемые для моделирования



Число электромобилей, подключенных к сети в пик нагрузки

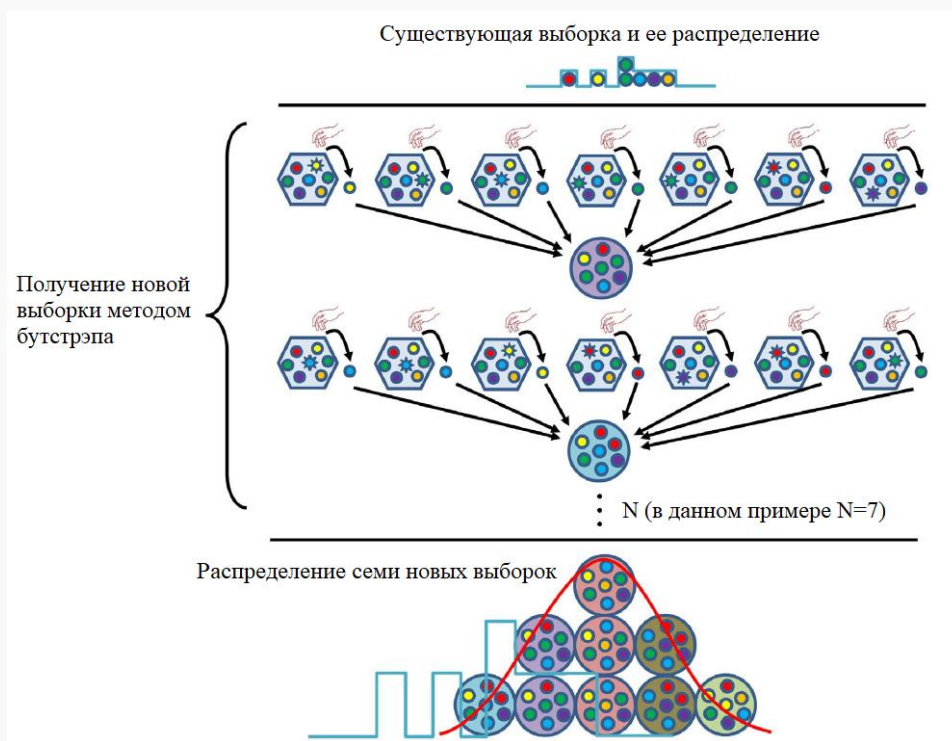


Пример использования метода Монте-Карло: интегрирование сложной функции

Используемые методы:
метод Монте-Карло и метод бутстрэпа

Используемый стек технологий:

- Python, plotly
- R, nortest, lubridate
- Matlab
- RastrWin3 (расчет режима сети)



Суть метода бутстрэпа

4 Расчет для участка схемы сети

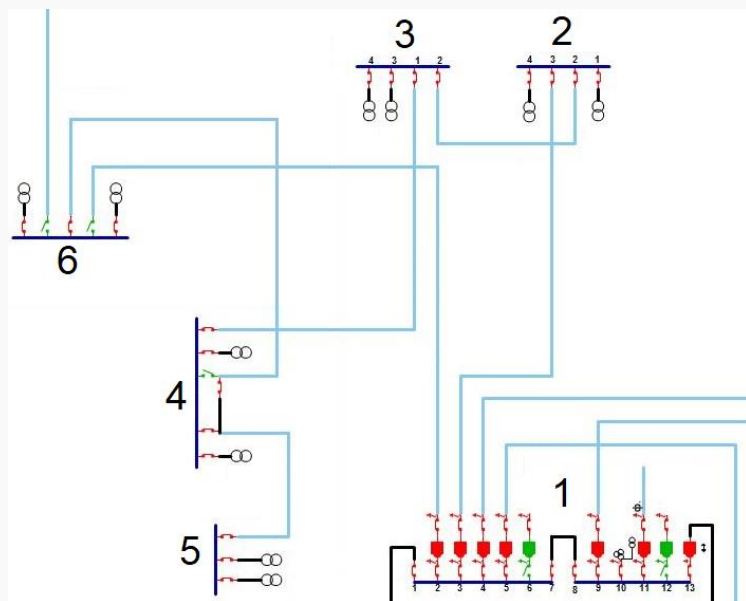


Схема рассматриваемого участка сети

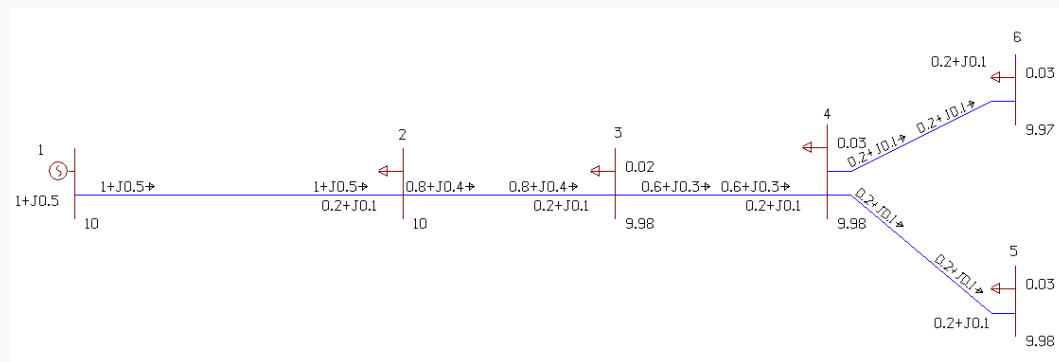
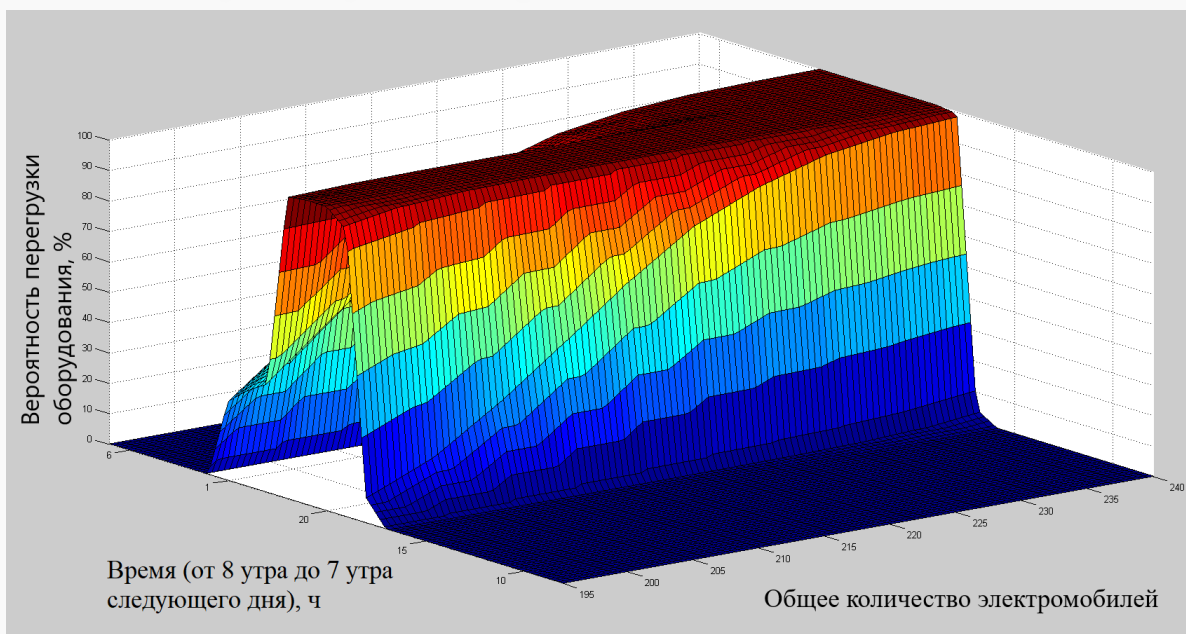


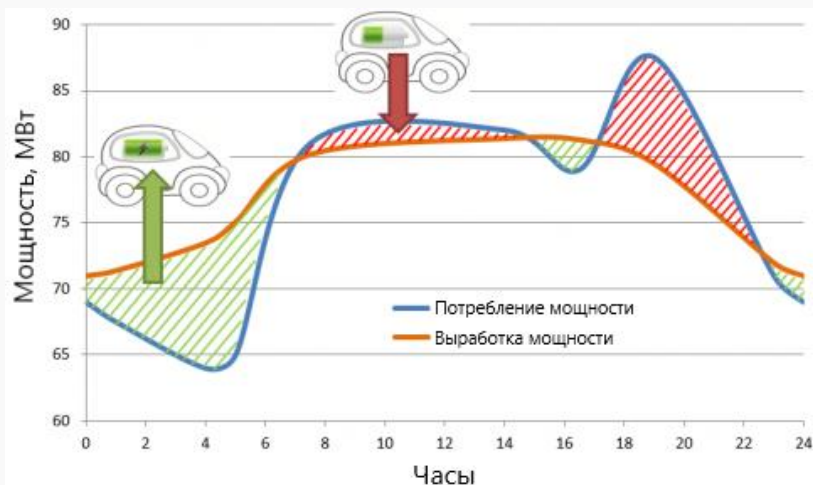
Схема участка сети в RastrWin3



Зависимость вероятности
перегрузки от количества
электромобилей и времени суток

5 Возможные решения

Решением проблемы перегрузки сетей могут служить внедрение технологии Vehicle-to-Grid (V2G) и системы гибкой тарификации



Суть технологии V2G

Сравнение экономических параметров двух предложенных решений:

Необходимое оснащение для V2G:

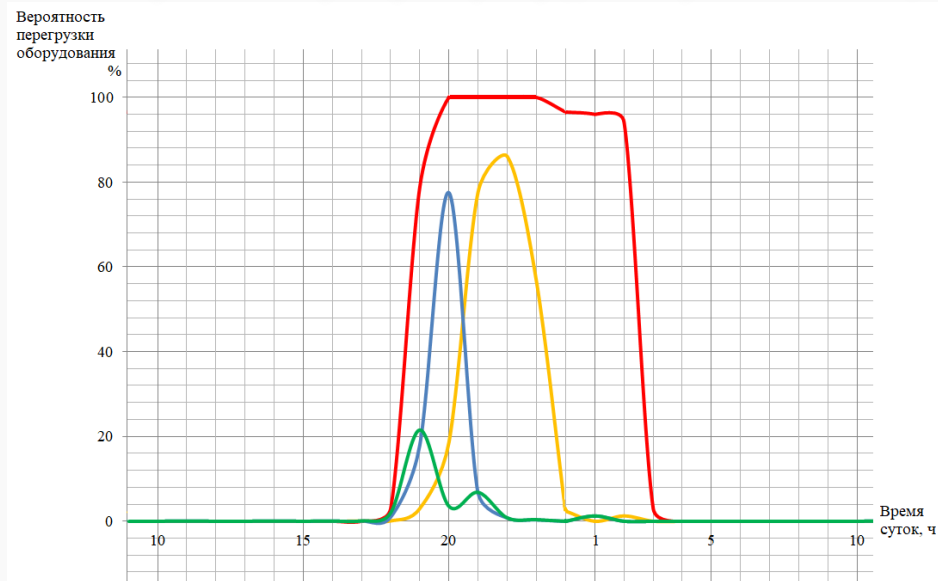
- Оборудование с возможностью передачи электроэнергии в сеть;
- Сервер для обработки и хранения данных;
- «Умные» устройства учета электроэнергии.

Необходимое оснащение для гибкой системы тарификации:

- Сервер для обработки и хранения данных;
- «Умные» устройства учета электроэнергии.

$$\text{Эластичность спроса: } \varepsilon = \frac{\Delta \text{Потребление, \%}}{\Delta \text{Цена, \%}},$$

эластичность спроса на электроэнергию при зарядке электромобиля $\varepsilon = -0,3$



Вероятность перегрузки оборудования при различных системах тарификации

На графике цветами обозначены системы тарификации:

- красный – отсутствие системы тарификации;
- желтый – повышение тарифов на 50% в часы пиковой нагрузки;
- синий – повышение тарифов на 70% в часы пиковой нагрузки;
- зеленый – повышение тарифов на 100% в часы пиковой нагрузки.

- Анализ наиболее часто используемого в публикациях метода моделирования с помощью нормального распределения показал, что он не является достаточно точным, в связи с чем использовался метод бутстрэпа, основанный на реальных данных;
- Разработанные алгоритмы являются универсальными и могут быть применены к любому участку электрической сети;
- Основной проблемой от установки зарядных станций для электромобилей является перегрузка оборудования;
- Наименее затратным и наиболее практичным из предложенных является метод внедрения гибкой системы тарифов, так как для его внедрения требуется только установка дополнительных устройств учета электроэнергии в ТП, а также наличие серверов для хранения и обработки данных. Повышение тарифов в часы пиковой нагрузки в два раза приведет к уменьшению вероятности перегрузки оборудования на 80%.

Спасибо за внимание!